

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s) Masahiko KIMBARA, and Yoshihiro ISOGAI
Serial No TBA
Filed August 30, 2000
For : HYDROGEN SUPPLY SYSTEM FOR FUEL CELL



CLAIM TO CONVENTION PRIORITY

Box Patent Application - FEE
COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, D.C. 20231

Sir:

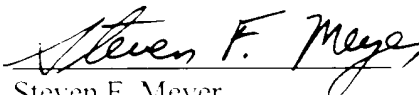
In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55 applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application:

Application filed in : JAPAN
In the name of : Masahiko KIMBARA, et al.
Serial No. : 11-243182
Filing Date : August 30, 1999

[X] Pursuant to the Claim to Priority, applicants submit a duly certified copy of Japanese Serial No. 11-243182.

Respectfully submitted,

Date: August 30, 2000


Steven F. Meyer
Registration No. 35,613

CORRESPONDENCE ADDRESS:
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, New York 10154
(212) 758-4800
(212) 751-6849 Facsimile

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 8 月 3 0 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 2 4 3 1 8 2 号

出 願 人

Applicant (s):

株式会社豊田自動織機製作所

2 0 0 0 年 5 月 1 9 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦

出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 3 6 1 8 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 P991260

【提出日】 平成11年 8月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/04

【発明の名称】 燃料電池用水素供給システム、燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステム

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機製作所 内

【氏名】 金原 雅彦

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機製作所 内

【氏名】 磯貝 嘉宏

【特許出願人】

【識別番号】 000003218

【氏名又は名称】 株式会社 豊田自動織機製作所

【代理人】

【識別番号】 100068755

【住所又は居所】 岐阜市大宮町2丁目12番地の1

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【電話番号】 058-265-1810

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【住所又は居所】 東京都渋谷区代々木二丁目10番4号 新宿辻ビル 8階

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【電話番号】 03-5365-3057

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9721048

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料電池用水素供給システム、燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 含水素有機系化合物からなる液体燃料を貯蔵する燃料液貯蔵手段と、

前記燃料液貯蔵手段から取り出された燃料を脱水素反応させて水素と有機系反応生成物とに分離する脱水素反応手段と、

前記脱水素反応手段で燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素後の反応生成物を液体で回収する気液分離手段と、

前記気液分離手段により回収された反応生成物よりなる回収液を貯蔵する回収液貯蔵手段と

を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は共に容積可変構造を有し、燃料の消費により前記燃料液貯蔵手段が容積を減少させた空間に、前記回収液貯蔵手段が容積を増加させるように構成されている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は、共通の容器と、該容器内に移動可能に設けられた可動仕切とを備え、該移動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、前記可動仕切は燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように自律的に移動する燃料電池用水素供給システム。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記回収液は可燃性であり、前記回収液貯蔵手段に貯蔵された回収液を熱源として燃焼させる燃焼手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記脱水素反応手段は、前記燃料電池の廃熱を利用してその吸熱反応の熱源とする燃料電池用水素供給システム。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を前記燃料の脱水素反応が進む脱水素反応温度まで昇温させる第 1 のケミカルヒートポンプを少なくとも一段備え、前記脱水素反応手段は該第 1 のケミカルヒートポンプによって昇温された発熱を熱源とする燃料電池用水素供給システム。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記反応生成物の水素化反応により前記燃料を再生する水素化反応手段を備え、前記脱水素反応手段と前記水素化反応手段とにより水素化脱水素反応系よりなる昇温型の第 2 のケミカルヒートポンプを構築し、該第 2 のケミカルヒートポンプを構成する前記水素化反応手段の発熱を排熱する排熱手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を昇温するための少なくとも一段のケミカルヒートポンプと、

前記少なくとも一段のケミカルヒートポンプによって昇温された昇温温度の発熱を排熱するための排熱手段と

を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記ケミカルヒートポンプは多数段設けられ、そのうち一段が前記脱水素反応手段を構成する脱水素反応器を吸熱反応器とする水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプである燃料電池用水素供給システム。

【請求項 10】 請求項 6 ～ 9 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプは、前記燃料電池の作動温度で脱水素反応が進む含水素有機系化合物を使用する吸熱反応手段と、該吸

熱反応手段での脱水素反応による反応生成物の水素化反応を利用する発熱反応手段とを備え、前記吸熱反応手段は前記燃料電池に内蔵されている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 1 1】 請求項 1 0 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて

前記吸熱反応手段は、前記燃料電池を構成するセパレータの燃料極面と空気極面との間に触媒を担持した反応通路を有するようにセパレータと一体的に設けられている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 1 2】 請求項 7 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記排熱手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする発電手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて

前記発電手段は、排熱の熱エネルギーを使って駆動される熱機関と、熱機関の動力を使って発電する発電機とを備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて

前記熱機関はスクロール式膨張機である燃料電池用水素供給システム。

【請求項 1 5】 請求項 7、1 0 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の発明において、

車載用の燃料電池用水素供給システムであって、車両の走行終了を検出すると、前記燃料電池への水素供給を止めて、前記脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転する余熱運転制御手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項 1 6】 請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムを構成する前記回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する回収液運搬工程と、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する燃料再生工程と、再生された燃料を液体運

搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する燃料運搬工程とを少なくとも備える燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法。

【請求項 1 7】 請求項 1 6 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において、前記燃料電池用水素供給システムは燃料電池の電力で走行駆動される車両に搭載されたものであって、該車両は燃料を給油する際に給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収し、前記回収液運搬工程では前記給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液を燃料再生手段に運搬し、前記燃料運搬工程では、再生された燃料を給油設備へ運搬してその燃料液貯蔵手段に供給する燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法。

【請求項 1 8】 請求項 1 6 又は 1 7 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される液体運搬用移動体であって、該移動体が搭載する液体運搬用タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている液体運搬用移動体。

【請求項 1 9】 請求項 1 7 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される給油設備であって、燃料と回収液を貯蔵するためのタンクを備え、該タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている給油設備。

【請求項 2 0】 前記燃料電池と、請求項 2 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムと、液体運搬用タンクとを搭載し、前記燃料電池の電力を使用する電動アクチュエータの動力によって移動する方式の液体運搬用移動体であって、

前記液体運搬用タンクは、燃料運搬用の燃料室と、回収液運搬用の回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させる可動仕切を備え、当該運搬用の燃料室と回収室が、当該液体運搬用移動体に搭載された前記燃

料電池用水素供給システムの前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段をそれぞれ兼用している液体運搬用移動体。

【請求項 2 1】 前記燃料電池と、請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムとを搭載する車両と、

前記車両内で回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液を車外に回収する車外回収手段と、

前記車外回収手段により回収された回収液を車外で再び水素化反応により燃料に再生する燃料再生手段と、

前記燃料再生手段により再生された燃料を車両に供給する燃料給油手段とを備えている燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクルシステム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料電池用水素供給システム、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステムに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

燃料電池はエネルギー効率がよく小型化を図り易いため、電気自動車の電源として採用されている。特に固体高分子型燃料電池は作動温度が 1 0 0 ℃ 前後と比較的低温であるため、自動車の電源や家庭用自家発電装置として実用的である。燃料電池は水素と酸素から水を生成する起電反応によって発電をする方式であるため、燃料電池に水素を供給するための水素供給システムが必要となる。

【 0 0 0 3 】

燃料電池に水素を供給する方法には、高圧タンクに水素ガスを加圧貯蔵する方法、水素吸蔵合金を使用する方法、液体水素を断熱タンクに貯蔵する方法、メタンやメタノールなどの炭化水素化合物を改質し、水素と炭酸ガスの混合ガスを供給する方法などがある。

【 0 0 0 4 】

燃料電池を例えば自動車の電源として使用する場合、一度の燃料補給で必要な走行距離を走行できる必要がある。また重量があると走行距離が短くなるので、重量はなるべく軽い方がよい。また車両という限られたスペースに収容する必要があるため、容積にも制約がある。そのため、水素供給システムは、必要な走行距離を走行できるだけの水素を供給できる規模としたとき、その容積および重量が課題となる。

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

ところで、燃料電池の発電効率を高めるためには純水素を供給する方式がよいと言われている。純水素を供給する方式としては、高压ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式などがある。しかし、高压ガス方式は容積が大きく走行距離が得られない。また、液体水素方式は気化ロスがあるうえ、液化に要するエネルギーが大きく総合効率が低下してしまう。水素吸蔵合金方式は、供給水素量に対して 5 0 倍以上の合金重量が必要で他の方式と比べ重量の点で不利である。

【 0 0 0 6 】

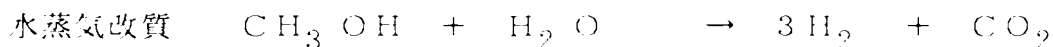
また、インフラ面の課題もある。高压ガス方式も水素吸蔵合金方式も水素ガスを補給する設備を整備する必要があり、取り扱いに慣れた液体燃料方式に比べインフラ面で不利である。液体水素は液体燃料ではあるが、極低温のため更に取り扱いが困難であり、給油の自動化が取り組まれているが、インフラ面の課題は最も大きい。

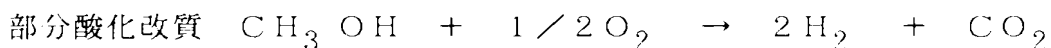
【 0 0 0 7 】

このような事情から、現在、メタノールやガソリンなどの炭化水素化合物の改質によって水素を生成する水素供給システムが提案され、開発が進められている。炭化水素化合物の改質による水素供給方法は、燃料が有機化合物の液体で取り扱いに慣れた液体燃料方式とすることもできる。

例えばメタノール改質方式には、水蒸気改質や部分酸化改質、およびこれらを組み合わせ熱収支を合わせるオートサーマル方式がある。反応式は次のようになる。

【 0 0 0 8 】





共に CO_2 が生成され大気に排出される。つまり、燃料となる炭化水素化合物中の炭素の全てを、昨今、地球温暖化で問題となっている CO_2 として排出する。このため、環境面からは不適当な水素供給システムであると言える。

【0009】

また、燃料電池は発電効率が約50%で、エネルギーの残り約50%は廃熱となる。燃料電池は固体高分子電解質膜を使用するため、電解質膜が反応熱に侵されないように、その排熱を効率よく行う必要がある。従来は、燃料電池に冷却水を流してラジエータで排熱する冷却装置を使用していた。燃料電池は通常100℃以下の作動温度に保たれるように冷却されるが、燃料電池から排出された冷却水の温度（例えば60～80℃）と、ラジエータの周りの外部環境温度（例えば30℃）との温度差が小さくラジエータの放熱効率が悪いと、放熱面積の広い大型のラジエータを設置しなければならなかった。このため、大型のラジエータの設置に伴い燃料電池システムが大型化するという問題があった。

【0010】

本発明は前記課題を解決するためになされたものであって、その第1の目的は、取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも燃料電池に純水素を供給できて地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システム及びその燃料リサイクルシステムを提供することにある。

【0011】

第2の目的は、燃料電池の冷却装置の小型化を図ることにより燃料電池システムの小型化を実現することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記第1の目的を達成するために請求項1に記載の発明は、燃料電池用水素供給システムにおいて、含水素有機系化合物からなる液体燃料を貯蔵する燃料液貯蔵手段と、前記燃料液貯蔵手段から取り出された燃料を脱水素反応させて水素と有機系反応生成物とに分離する脱水素反応手段と、前記脱水素反応手段で燃料が

ら分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素後の反応生成物を液体で回収する気液分離手段と、前記気液分離手段により回収された反応生成物よりなる回収液を貯蔵する回収液貯蔵手段とを備えている。

【0013】

この構成によれば、燃料液貯蔵手段から取り出された燃料は、脱水素反応手段における脱水素反応によって水素と反応生成物に分離される。気液分離手段は、燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素反応後の反応生成物を液体で回収する。反応生成物よりなる回収液は回収液貯蔵手段に貯蔵される。

【0014】

このように燃料の脱水素後の反応生成物は液体で回収されるので、燃料がその組成中に炭素原子を含むものであってもその炭素原子は反応生成物の組成として液体で回収され、地球温暖化で問題になる炭酸ガスを外部にほとんど排出しないシステムとなる。よって、炭酸ガスをほとんど排出しない環境にやさしく、しかも燃料及び反応生成物が共に液体で貯蔵されるためそれらの貯蔵容積が比較的小さくて済む。また、燃料および回収液がこれまで取り扱いに慣れたガソリンや軽油などと同じ有機系化合物液体よりなるため、取り扱いに慣れた有機系化合物液体方式とすることができる。このため、純水素を供給可能な他の水素供給方式（高圧ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式など）など、水素ガスや液体水素を燃料として取り扱う方式に比べ取り扱い易い方式となる。また、脱水素反応により水素とともに反応生成物が気体で生成されても、生成ガスを冷却あるいは膨張等させることにより反応生成物と水素の気液分離が可能であるため、反応生成物の回収がし易い。

【0015】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は共に容積可変構造を有し、燃料の消費により前記燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできる空間に、前記回収液貯蔵手段は容積を増加させるように構成される。

【0016】

この構成によれば、燃料液貯蔵手段に貯蔵された燃料の消費により燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできた空間に、回収液貯蔵手段は回収液の増加により容積を増加させる。このため、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、燃料と回収液の貯蔵に必要な貯蔵容積が比較的小さくなる。

【 0 0 1 7 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の発明において、前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は、共通の容器と、該容器内に移動可能に設けられた可動仕切とを備え、該移動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、前記可動仕切は燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように自律的に移動することを要旨とする。

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、燃料液貯蔵手段と回収液貯蔵手段は、共通の容器内に可動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように可動仕切は自律的に移動する。

【 0 0 1 9 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の発明において、前記回収液は可燃性であり、前記回収液貯蔵手段に貯蔵された回収液を熱源として燃焼させる燃焼手段を備えている。

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、回収液貯蔵手段に貯蔵された可燃性の回収液を燃焼手段により燃焼させたその燃焼熱が熱源として利用される。燃焼手段による燃焼熱は、例えば脱水素反応器の熱源として利用されたり、また低温起動時等の補助熱源として利用される。

【 0 0 2 1 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の発明において、前記脱水素反応手段は、前記燃料電池の廃熱を利用してその吸熱反応の熱源とすることを要旨とする。

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、燃料電池の廃熱を利用し、吸熱反応である燃料の脱水素反応の熱源とされる。燃料電池の排熱効率が脱水素反応の吸熱によって高められるとともに、燃料電池の廃熱が燃料の脱水素反応に有効利用される。

【 0 0 2 3 】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 5 に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を前記燃料の脱水素反応が進む脱水素反応温度まで昇温させる第 1 のケミカルヒートポンプを少なくとも一段備え、前記脱水素反応手段は該第 1 のケミカルヒートポンプによって昇温された発熱を熱源とすることを要旨とする。

【 0 0 2 4 】

この構成によれば、燃料電池の作動温度より高い脱水素反応温度で脱水素反応が進む燃料を使用する場合でも、少なくとも一段設けられた第 1 のケミカルヒートポンプにより燃料電池の廃熱が脱水素反応温度まで昇温されるので、その脱水素反応の熱源として燃料電池の廃熱を利用することが可能になる。また、第 1 のケミカルヒートポンプの吸熱により燃料電池の排熱効率（冷却効果）が高まる。

【 0 0 2 5 】

第 2 の目的を達成するために請求項 7 に記載の発明は、請求項 5 又は 6 に記載の発明において、前記反応生成物の水素化反応により前記燃料を再生する水素化反応手段を備え、前記脱水素反応手段と前記水素化反応手段とにより水素化脱水素反応系よりなる昇温型の第 2 のケミカルヒートポンプを構築し、該第 2 のケミカルヒートポンプを構成する前記水素化反応手段の発熱を排熱する排熱手段を備えている。

【 0 0 2 6 】

この構成によれば、反応生成物から水素化反応手段による反応生成物の水素化反応によって燃料が再生される。脱水素反応手段と水素化反応手段とにより構築された昇温型の第 2 のケミカルヒートポンプによって、燃料電池の廃熱はさらに昇温される。その昇温された熱は排熱手段により排熱される。燃料電池の廃熱は高温に昇温されてから排熱されるので、その排熱効率（冷却効率）が高まる。

【 0 0 2 7 】

第 2 の目的を達成するために請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ～ 4 のいずれ

か一項に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を昇温するための少なくとも一段のケミカルヒートポンプと、前記少なくとも一段のケミカルヒートポンプによって昇温された昇温温度の発熱を排熱するための排熱手段とを備えている。

【 0 0 2 8 】

この構成によれば、燃料電池の廃熱は少なくとも一段のケミカルヒートポンプにより昇温され、その昇温された高温度の発熱が排熱手段により排熱される。高温で熱が排熱されることにより排熱手段の排熱効率が高くなり、排熱手段を小型化することが可能になる。例えば排熱手段がラジエータの場合、ラジエータを通る冷却水などの冷媒が高温になるため、ラジエータの温度とその外部環境温度との温度差が大きく、排熱効率（放熱効率）が高くなるので、ラジエータが小型で済むようになる。

【 0 0 2 9 】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 8 に記載の発明において、前記ケミカルヒートポンプは多数段設けられ、そのうち一段が前記脱水素反応手段を構成する脱水素反応器を吸熱反応器とする水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプであることを要旨とする。

【 0 0 3 0 】

この構成によれば、脱水素反応手段をケミカルヒートポンプに利用して、燃料電池の廃熱を昇温させることが可能になる。また、脱水素反応手段を利用したケミカルヒートポンプの発熱側の水素化反応により反応生成物から燃料が再生される。

【 0 0 3 1 】

請求項 1 0 に記載の発明は、請求項 6 ～ 9 のいずれか一項に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプは、前記燃料電池の作動温度で脱水素反応が進む含水素有機系化合物を使用する吸熱反応手段と、該吸熱反応手段での脱水素反応による反応生成物の水素化反応を利用する発熱反応手段とを備え、前記吸熱反応手段は前記燃料電池に内蔵されている。

【 0 0 3 2 】

この構成によれば、燃料電池に内蔵された吸熱反応手段では、燃料電池の作動

温度で脱水素反応（吸熱反応）が進むため、燃料電池からの直接の吸熱により燃料電池の冷却効果が高められる。

【 0 0 3 3 】

請求項 1 1 に記載の発明は、請求項 1 0 に記載の発明において、前記脱水素反応手段は、前記燃料電池を構成するセパレータの燃料極面と空気極面との間に触媒を担持した反応通路を有するようにセパレータと一体的に設けられている。

【 0 0 3 4 】

この構成によれば、脱水素反応手段はその反応通路がセパレータの燃料極面と空気極面との間を通るようにセパレータと一体的に設けられているので、燃料電池に比較的コンパクトに内蔵可能であるとともに燃料電池からの吸熱効率も高められる。

【 0 0 3 5 】

請求項 1 2 に記載の発明は、請求項 7 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の発明において、前記排熱手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする発電手段を備えていることを要旨とする。

【 0 0 3 6 】

この構成によれば、排熱手段が備える発電手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする。排熱を利用した発電による発電量の増加により燃料電池システムの発電効率が高まる。

【 0 0 3 7 】

請求項 1 3 に記載の発明は、請求項 1 2 に記載の発明において、前記発電手段は、排熱の熱エネルギーを使って駆動される熱機関と、熱機関の動力を使って発電する発電機とを備えている。

【 0 0 3 8 】

この構成によれば、排熱の熱エネルギーを使って熱機関が駆動され、熱機関の動力を使って発電機により発電される。

請求項 1 4 に記載の発明は、請求項 1 3 に記載の発明において、前記熱機関はスクロール式膨張機であることを要旨とする。

【 0 0 3 9 】

この構成によれば、熱機関はスクロール式膨張機であるので、回転数の高低にかかわらず高い機械効率が得られる。

請求項 1 5 に記載の発明は、請求項 7、1 0 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の発明において、車載用の燃料電池用水素供給システムであって、車両の走行終了を検出すると、前記燃料電池への水素供給を止めて、前記脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転する余熱運転制御手段を備えている。

【 0 0 4 0 】

この構成によれば、走行終了を検出すると、燃料電池への水素供給を止めて、脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転される。このため、余熱を利用して水素が生成され、また発電手段を備える構成では余熱を利用した発電が行われる。さらに反応生成物の水素化反応により燃料が再生される。このため、発電効率が高まる。

【 0 0 4 1 】

請求項 1 6 に記載の発明は、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法についての発明であって、請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムを構成する前記回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する回収液運搬工程と、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する燃料再生工程と、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する燃料運搬工程とを少なくとも備える。

【 0 0 4 2 】

この構成によれば、回収液運搬工程では、燃料電池用水素供給システムを構成する回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する。燃料再生工程では、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する。燃料運搬工程では、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する。各工程によって回収液は水素化反応により再び燃料に再生され、再生された燃料が燃料電池用水素供給システムでの利用に供される。また、燃料再

生に使用する水素の製造方法として水蒸気改質などを採用すると炭酸ガスが出るが、水素を水の電気分解で製造するなどの方法を採用すれば、燃料リサイクルの全工程において炭酸ガスをまったく排出しない構成も可能である。

【 0 0 4 3 】

請求項 1 7 に記載の発明は、請求項 1 6 に記載の発明において、前記燃料電池用水素供給システムは燃料電池の電力で走行駆動される車両に搭載されたものであって、該車両は燃料を給油する際に給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収し、前記回収液運搬工程では前記給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液を燃料再生手段に運搬し、前記燃料運搬工程では、再生された燃料を給油設備へ運搬してその燃料液貯蔵手段に供給することを要旨とする。

【 0 0 4 4 】

この構成によれば、請求項 1 6 の発明の作用に加え、燃料電池用水素供給システムを搭載する車両が燃料を給油する際は、給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収する。回収液運搬工程では給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液が燃料再生手段に運搬され、燃料運搬工程では、再生された燃料が給油設備に運搬され、その燃料液貯蔵手段へ供給される。

【 0 0 4 5 】

請求項 1 8 に記載の発明は、請求項 1 6 又は 1 7 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される液体運搬用移動体であって、該移動体が搭載する液体運搬用タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている。

【 0 0 4 6 】

この構成によれば、液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクでは、可動仕切が燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変

位する。このため、液体運搬用タンクが運搬すべき液量の割に小型となる。

【 0 0 4 7 】

請求項 1 9 に記載の発明は、請求項 1 7 に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される給油設備であって、燃料と回収液を貯蔵するためのタンクを備え、該タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている。

【 0 0 4 8 】

この構成によれば、給油設備が燃料と回収液を貯蔵するために備えるタンクでは、可動仕切が燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する。このため、タンクが貯蔵すべき液量の割に小型となる。

【 0 0 4 9 】

請求項 2 0 に記載の発明は、前記燃料電池と、請求項 2 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムと、液体運搬用タンクとを搭載し、前記燃料電池の電力を使用する電動アクチュエータの動力によって移動する方式の液体運搬用移動体であって、前記液体運搬用タンクは、燃料運搬用の燃料室と、回収液運搬用の回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させる可動仕切を備え、当該運搬用の燃料室と回収室が、当該液体運搬用移動体に搭載された前記燃料電池用水素供給システムの前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段をそれぞれ兼用している。

【 0 0 5 0 】

この構成によれば、液体運搬用移動体は、自身が搭載する燃料電池用水素供給システムで生成された水素を使って燃料電池が発電した電力により電動アクチュエータを動かし、液体運搬用タンクに貯蔵された液体を運搬する。液体運搬用タンク内に可動仕切により区画された液体運搬用の二室は、燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段と回収液貯蔵手段としても兼用され、運搬用の燃料室内の燃料を水素生成にも使用し、その反応生成物は運搬用の回収室に回収される。このように液体運搬用タンクが水素生成用の貯蔵手段として兼用されるので、燃

料電池用水素供給システム専用のタンクを別途設ける必要がなくなる。また、液体運搬用タンク内の二室の容量が可動仕切の変位により変化するので、液体運搬用タンクを二室に区画する割に、燃料と回収液を多量に運搬することが可能となる。

【0051】

請求項21に記載の発明は、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクルシステムにおいて、前記燃料電池と、請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムとを搭載する車両と、前記車両内で回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液を車外に回収する車外回収手段と、前記車外回収手段により回収された回収液を車外で再び水素化反応により燃料に再生する燃料再生手段と、前記燃料再生手段により再生された燃料を車両に供給する燃料給油手段とを備えている。

【0052】

この構成によれば、車両に搭載された燃料電池システムは、燃料電池および燃料電池用水素供給システムを備え、車両内の回収液貯蔵手段には回収液が貯蔵保管される。車両内の回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液は、車外回収手段により車外へ回収され、車外で燃料再生手段により水素化反応されることにより燃料に再生される。そして、再生された燃料は燃料給油手段により車両の燃料液貯蔵手段に給油される。よって、炭酸ガスをほとんど排出しない燃料リサイクルシステムを構築することが可能となる。

【0053】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)

以下、本発明を具体化した第1の実施形態を図1～図3に従って説明する。

【0054】

燃料電池システムFCSは、例えば自動車などの車両に電源として搭載されたり、家庭用自家発電装置として使用される。燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、燃料電池1に水素を供給するための水素供給システム2とを備える。本実施形態の燃料電池1は固体高分子型燃料電池である。高分子電解質膜で区画さ

れた燃料極及び空気極からなる複数のセルを内蔵するものである。燃料電池 1 では、燃料極に供給される水素と、空気極に供給される空気中の酸素との電解膜を介した起電反応により発電が行われる。本実施形態では空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。燃料電池 1 の構造については後述する。

【0055】

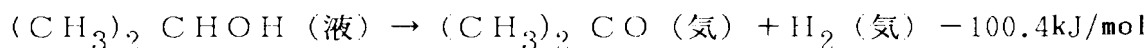
図 2 に示すように燃料電池 1 の単セル 1 a は、一対のリブ付きセパレータ 3 と、両セパレータ 3 間に挟まれる一対の電極 4、5 と、両電極 4、5 間に挟まれる電解質膜 6 とを有する。一対の電極は、多孔質支持層 7 にアノード触媒層 8 が形成されたアノード電極 4 と、多孔質支持層 7 にカソード触媒層 9 が形成されたカソード電極 5 とからなる。燃料（水素）はセパレータ 3 のアノード電極側面上の溝を流れて一方向へ流れ、空気はセパレータ 3 のカソード電極側面上の溝を流れて燃料の流れ経路と直交する方向へ流れる。アノード側が燃料極となり、カソード側が空気極となる。燃料電池 1 の作動温度は約 80℃である。

【0056】

水素供給システム 2 は、含水素有機系化合物としてのイソプロピルアルコール（IPA） $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ を燃料として使用し、燃料である IPA の脱水素反応で得られた水素を燃料電池 1 に供給する。

【0057】

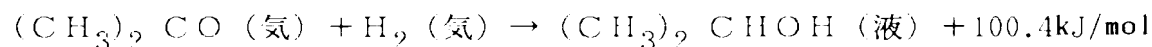
IPA の脱水素反応は次式で示される。



IPA は脱水素反応によりアセトン $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は触媒存在下で反応温度約 80℃で起こる吸熱反応である。

【0058】

また、反応生成物であるアセトンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は触媒存在下で反応温度約 200℃で起こる発熱反応である。アセトンの水素化反応により IPA が再生される。

【0059】

本実施形態は、IPAの脱水素反応生成物であるアセトンを回収して保管する反応液保管方式を採用する。また、水素化脱水素反応を利用したIPA／アセトン／H₂系のケミカルヒートポンプを構築し、燃料電池1の廃熱をケミカルヒートポンプにより昇温して高温で排熱する排熱システムを採用している。このケミカルヒートポンプでは、燃料電池1の廃熱を脱水素反応の熱源として利用している。また、このケミカルヒートポンプはアセトンの水素化反応によりIPAを再生する燃料再生システムを兼ねる。IPAおよびアセトンは常温で液体の有機系化合物であるため、この燃料電池システムFCSにおいて共に液体で貯蔵保管される。

【0060】

図1に示すように水素供給システム2は、燃料タンク10と、ケミカルヒートポンプ系HPと、水素分離系HSと、燃料電池冷却系CSとを備える。燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段は燃料タンク10により構成される。

【0061】

燃料タンク10には、燃料となるIPAと、IPAの脱水素反応後の反応生成物であるアセトンとが分離して貯蔵される。すなわち、図3に示すように燃料タンク10はタンク11の内部を二室に区画する可動仕切としての伸縮式容器12を収納し、伸縮式容器12が可動仕切りとして機能することにより、タンク11内は燃料室13と回収室14との二室に区画されている。伸縮式容器12は容積可変に伸縮可能な蛇腹構造を有している。タンク11には給油室と排液口（いずれも図示省略）が設けられ、給油口から燃料室13へIPAが供給されるとともに、排液口から回収室14のアセトンが外部へ排出されるようになっている。伸縮式容器12は燃料の消費量とアセトンの回収量とをバランスさせるように膨らみ、燃料室13のIPAが消費されて減った分だけ回収室14の容積が増えるようになっている。

【0062】

燃料タンク10の燃料室13は管路15を通じて補助タンク20に接続されている。管路15上に設けられたポンプ16によって燃料室13のIPA液が補助タンク20へ送られるようになっている。補助タンク20にはIPAの液面を検

出する液面センサ 1 7 が設けられ、液面センサ 1 7 の検出信号に基づき I P A 液面が設定液面を下回ると制御部 C 1 によりポンプ 1 6 が駆動され、燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 から I P A 液が補助タンク 2 0 に供給されるようになっている。

【 0 0 6 3 】

補助タンク 2 0 には循環管路 2 1 の入口と出口が接続され、循環管路 2 1 上にはポンプ 2 2、熱交換器 2 3、脱水素反応手段としての脱水素反応器 2 4、熱交換器 2 5、水素化反応器 2 6 及び凝縮器 2 7 が設けられている。脱水素反応器 2 4 の内部は触媒担持されている。触媒には例えば微粒金属ニッケル、カーボン担持貴金属、ラネーニッケル、ホウ化ニッケルなどが使用される。カーボン担持貴金属触媒用の貴金属には、白金、ルテニウム、ロジウム、パラジウム等が使用される。脱水素反応器 2 4 では約 8 0 °C で I P A の脱水素反応が行われる。また、水素化反応器 2 6 の内部も触媒担持されている。触媒にはニッケル触媒（例えば微粒ニッケル担持活性炭）が使用される。

【 0 0 6 4 】

水素化反応器 2 6 ではアセトン水素化反応（発熱反応約 2 0 0 °C）により I P A、アセトン及び水素の平衡混合物が得られ、その顕熱は熱交換器 2 5 によってアセトン・水素混合気体の予熱に使われるとともに、熱交換器 2 3 によって I P A の予熱に使われる。

【 0 0 6 5 】

水素化反応器 2 6 には温度センサ 2 8 が設けられ、温度センサ 2 8 の検出温度に基づいて制御部 C 2 により制御されるヒータ 2 9 及び冷風機 3 0 の加熱・冷却作用により、水素化反応器 2 6 の内部温度は水素化反応温度（約 2 0 0 °C）に調節されるようになっている。なお、水素化反応器 2 6 及び冷風機 3 0 により排熱手段が構成される。

【 0 0 6 6 】

アセトン水素化反応後の I P A、アセトン及び水素の平衡混合物は、各熱交換器 2 5、2 3 を通るときに降温されるとともに凝縮器 2 7 で I P A（沸点 8 2 °C）が液化された状態で、補助タンク 2 0 に還流される。補助タンク 2 0 に気相で還流された水素及びアセトン（g）は管路 3 1 を通じて気液分離器 3 3 に送られ

るとともに、管路 3 1 上の途中に設けられた凝縮器 3 2 によりアセトン（沸点 56℃）が液化され、気液分離器 3 3 にアセトン液が貯留される。

【0067】

気液分離器 3 3 には水素分離膜（水素透過膜）3 4 が設けられ、気液分離器 3 3 に送り込まれた気体のうち水素分離膜 3 4 を通り抜けた水素のみを燃料電池 1 に排出するための水素供給管路 3 5 が気液分離器 3 3 に水素分離膜 3 4 の下流側室に連通する状態で接続されている。水素供給管路 3 5 上には減圧弁（可変絞り）3 6 および流量制御弁（MFC（Mass Flow Controller））3 7 が設けられている。ここで、流量制御弁（MFC）3 7 は、流量を検出する流量検出部と、その検出した検出流量値をフィードバックして開度の制御をする制御弁部とを有するものである。制御部 C 3 が消費電力から発電の必要があると判断すると流量制御弁 3 7 は開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、水素は要求発電量に応じた流量で燃料電池 1 に供給されるようになっている。減圧弁 3 6 は流量制御弁 3 7 に送られる水素の圧力を設定圧力に減圧する。また、水素供給管路 3 5 から管路 3 5 a が分岐し、管路 3 5 a の先端は循環管路 2 1 の水素化反応器 2 6 の上流側にて接続されている。管路 3 5 a 上にはコンプレッサ C P 1 が設けられ、気液分離器 3 3 に設けられた圧力センサ 3 8 の検出値に基づいて制御部 C 4 により気液分離器 3 3 の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサ C P 1 が駆動される。

【0068】

また、気液分離器 3 3 にはアセトン液を排出するための管路 3 9 が燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 との間に接続され、管路 3 9 上にはポンプ 4 0 が設けられている。気液分離器 3 3 にはアセトンの液面を検出する液面センサ 4 1 が設けられ、液面センサ 4 1 の検出信号に基づきアセトン液面が設定液面を超えると制御部 C 4 によりポンプ 4 0 が駆動され、気液分離器 3 3 内のアセトン液が回収室 1 4 に排出されるようになっている。なお、気液分離手段は、補助タンク 2 0、凝縮器 2 7、3 2、気液分離器 3 3 及び水素分離膜 3 4 等から構成される。

【0069】

脱水素反応器 2 4 の内部で起こる吸熱反応の熱源には、燃料電池 1 を冷却する

燃料電池冷却系 C S の排熱を利用する。燃料電池 1 にはその内部を通る経路の閉回路を作る冷却用管路 4 3 が接続されており、管路 4 3 上にはポンプ 4 4 及び放熱管 4 5 が設けられている。放熱管 4 5 は脱水素反応器 2 4 と熱交換可能な熱交換器を構成する。燃料電池 1 の作動温度は約 8 0 °C で、放熱管 4 5 を流れる冷却水（温水）の熱が脱水素反応器 2 4 の昇温に使用され、脱水素反応器 2 4 の内部で起こる吸熱反応の熱源として使用される。脱水素反応器 2 4 の内部温度を測定するための温度センサ 4 6 が設けられ、温度センサ 4 6 の検出値に基づいて冷却用管路 4 3 上に設けられたヒータ 4 7 が制御部 C 5 により制御されることにより、ヒータ 4 7 の予熱によって脱水素反応器 2 4 の内部温度が反応温度（約 8 0 °C）に調節されるようになっている。

【 0 0 7 0 】

燃料電池システム F C S の運転開始初期で燃料電池 1 が作動温度に達していない場合は、ヒータ 4 7 による予備加熱により脱水素反応器 2 4 が加温され、燃料電池 1 が作動温度に達した後の定常運転状態では主に燃料電池 1 の廃熱を利用して脱水素反応器 2 4 へ熱が伝えられる。また、脱水素反応器 2 4 内の吸熱反応によって放熱管 4 5 を流れる冷却水の熱が効率よく奪われることにより燃料電池 1 の排熱効率が高まるようになっている。なお、各制御部 C 1 ~ C 5 は実際には燃料電池システム F C S を制御する一つの制御ユニットを構成している。

【 0 0 7 1 】

上記のように構成される燃料電池システム F C S は次のように作動する。

燃料電池システム F C S が装備される例えば車両または家庭用発電機で電力消費があつて発電の必要があると判断されると、流量制御弁 3 7 が開かれるとともにその要求発電量に応じた開度に制御される。その結果、気液分離器 3 3 内から燃料電池 1 の燃料極に要求発電量に応じた流量で水素が供給され、これと同時に空気供給装置から空気極に空気が供給され、燃料電池 1 の内部では水素と酸素の起電反応による発電が行われる。

【 0 0 7 2 】

脱水素反応器 2 4 では燃料電池 1 の廃熱を熱源として I P A の脱水素反応（吸熱反応）が行われ、水素とアセトンが生成される。脱水素反応後の生成ガスは昇

温されて約 200℃ 近くにして水素化反応器 26 に送られ、ここで水素化反応により IPA、水素及びアセトンの平衡混合物が生成される。平衡混合物ガスは各熱交換器 25, 23 で冷却されるとともに凝縮器 27 を通って補助タンク 20 に還流される。補助タンク 20 では IPA が液化分離されるとともに、気相で送られた水素およびアセトンガスは管路 31 から凝縮器 32 を通って気液分離器 33 に送られ、ここでさらにアセトンが液化分離される。気液分離器 33 に液化分離されたアセトン液はポンプ 40 によって排出され、燃料タンク 10 の回収室 14 に回収される。一方、気液分離器 33 に蓄えられたガス中の水素は水素分離膜 34 を透過し、純水素のみが水素供給管路 35 を通じて燃料電池 1 に送られる。

【0073】

この燃料電池システム FCS では次の効果が得られる。

(1) 燃料である IPA の脱水素反応により分離された純水素を燃料電池 1 に供給し、脱水素後の反応生成物であるアセトンは燃料タンク 10 に回収されて保管される。メタノールの水蒸気改質方式の水素供給システムの場合、水素および二酸化炭素が燃料電池に供給され、二酸化炭素を環境に排出するが、本実施形態によれば環境問題の原因になる二酸化炭素を排出しない燃料電池システム FCS を提供できる。また、燃料電池 1 には純水素が供給されるので、二酸化炭素と水素の混合ガスを供給するシステムに比べ、発電効率を高めることができる。

【0074】

また、燃料および回収液がこれまで取り扱いに慣れたガソリンや軽油などと同じ有機系化合物の液体よりなるため、給油などの際にも取り扱い易い有機系化合物液体方式とすることができる。このため、純水素を供給可能な公知の水素供給方式、例えば高圧ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式などに比べ、水素ガスや液体水素を燃料として取り扱う必要がないので、燃料の取り扱い易い水素供給方式となる。また、常温で液体である反応生成物は、生成ガスを冷却あるいは膨張等させることにより比較的容易に水素と分離できるので、反応生成物の回収がし易い。

【0075】

(2) 純水素供給方式には従来より水素吸蔵合金方式、液体水素貯蔵方式およ

び高圧水素貯蔵方式がある。例えば水素吸蔵合金方式に比べ水素吸蔵合金のような重量物がないので軽量のシステムにすることができる。また、液体水素貯蔵方式に比べエネルギーロスが少ないうえ取扱容易性およびインフラ整備の面で有利な燃料電池システム F C S を提供できる。さらに高圧水素貯蔵方式に比べタンク容積を大幅に小型化できるので、コンパクトな燃料電池システム F C S を提供できる。すなわち、従来の純水素供給システムに比べ、重量、容積、取扱性、インフラ整備面およびエネルギーロス面等について総合的評価で適度に満足できる燃料電池システム F C S を提供することができる。

【 0 0 7 6 】

(3) 例えば車両に燃料電池システム F C S を搭載する場合、必要走行距離（例えば 4 0 0 k m ）を確保することができる水素供給能力をもつシステムとする必要があるが、この場合にシステムに必要な容積および重量が相対的に小さく済む。よって、車載用の燃料電池システム F C S として実用的である。

【 0 0 7 7 】

(4) 回収液であるアセトンは燃料タンク 1 0 内の伸縮式容器 1 2 からなる可動仕切りで区画した回収室 1 4 に貯蔵され、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように燃料タンク 1 0 内の二室 1 3 , 1 4 の容積が自律調整される。この結果、アセトンを保管する回収液保管方式のシステムであるものの、燃料タンク 1 0 のタンク容積を回収液の保管スペースとして有効に活用するので、システムに必要なタンク容積を相対的に小さく済ませることができる。この点からもシステムの容積効果が大きく、燃料電池システム F C S の小型化に寄与する。

【 0 0 7 8 】

(5) 脱水素反応器（吸熱反応器） 2 4 と水素化反応器（発熱反応器） 2 6 を有する循環管路 2 1 を通る系は、水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプ H P を構成し、燃料電池 1 の廃熱は、このケミカルヒートポンプ H P により約 2 0 0 ° C に昇温されてから排熱される。つまり、ラジエータとして機能する水素化反応器 2 6 の約 2 0 0 ° C の温度とその周辺外部環境温度（例えば 3 0 ~ 5 0 ° C ）との温度差が大きいので、水素化反応器 2 6 が冷風機 3 0 により冷却されるとき

冷却効率が高くなる。その結果、従来技術において燃料電池を冷却するための約 80℃の冷却水温の排熱をするラジエータに比べ、ラジエータ部分が小型で済む。よって、従来の燃料電池システムにおいて、その大型化の原因であったラジエータ部分が小型になるので、小型の燃料電池システム F C S となる。

【0079】

(6) 反応生成物(アセトン)は水素に比べ分子量が大きいため、気液分離後の気体から微量の反応生成物を除去するために水素分離膜 34 を使用するが、従来方式であるメタノール水蒸気改質などのように水素と CO を分離するのに比べ、水素分離膜 34 として透過孔の大きな膜材質のものを使用することができる。その結果、水素分離膜 34 の単位面積当たりの水素透過流量を多くでき、水素分離膜 34 の表面積を小さくできるので、水素分離膜 34 の小型化を図り易くなる。

【0080】

(7) 水素化反応器 26 によるアセトン水素化反応によって燃料である IPA を再生するので、水素を有効利用でき、燃料単位当たりの発電量を高めることができる。例えば車載用燃料電池システム F C S として使用する場合、燃料単位当たりの走行距離を延ばしたり、システムの小型化に寄与できる。

【0081】

(第2の実施形態)

以下、本発明を具体化した第2の実施形態を図4～図7に従って説明する。

本実施形態の燃料電池システム F C S は、燃料電池 1 の冷却系と、水素供給システム 2 の構成および使用する燃料などが前記第1の実施形態と異なる。燃料電池 1 の冷却系にはケミカルヒートポンプを採用し、ケミカルヒートポンプの吸熱によって燃料電池 1 を冷却する方式を採用する。燃料電池 1 の作動温度で吸熱反応を起こす有機化学物質を利用した流体系のケミカルヒートポンプを採用し、そのうち特に水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプを選び、本例で使用する燃料電池 1 の作動温度約 80℃に吸熱反応温度をもつ IPA/アセトン/H₂ 系(以下、単に IPA/アセトン系という)のケミカルヒートポンプを採用する。

【0082】

一方、水素を分離生成するための燃料として使用する含水素有機系化合物には、燃料電池冷却系のケミカルヒートポンプの発熱（排熱）を熱源として利用して脱水素反応を進めることができ、しかも水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプを構築可能な有機系化学物質を使用する。本例では冷却系ケミカルヒートポンプがIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプであってその発熱温度が約200℃なので、この温度で脱水素反応（吸熱反応）を起こす有機系化学物質のうちシクロヘキサンを燃料として使用する。そして水素生成反応系部分にシクロヘキサン／ベンゼン／H₂系（以下、単にシクロヘキサン／ベンゼン系という）のケミカルヒートポンプを構築する。シクロヘキサンを燃料として採用する他の理由としては、燃料1モル当たりに得られる水素の生成モル数が多いことが挙げられる。

【0083】

IPA／アセトン系のケミカルヒートポンプと、シクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプとを、それぞれ低温側ケミカルヒートポンプ及び高温側ケミカルヒートポンプとして二段のヒートポンプ系を構築する。すなわち、低温側ケミカルヒートポンプの発熱と高温側ケミカルヒートポンプの吸熱とを熱交換可能に繋ぎ、燃料電池1の冷却に使用される低温側ケミカルヒートポンプの排熱温度を、高温側ケミカルヒートポンプによりさらに昇温し、より高温で排熱を行うようにしている。

【0084】

燃料電池システムFCSが使用される対象および燃料電池の発電方式の種別は、前記第1の実施形態と同様である。すなわち、燃料電池システムFCSは車両用電源や家庭用自家発電装置として使用され、燃料電池1は固体高分子型燃料電池である。図4に示すように燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、燃料電池1に水素を供給するための水素供給システム2とを備える。なお、燃料電池1の空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。

【0085】

まず燃料電池冷却系CSは、タンク50と、タンク50に入口と出口が接続されるとともに燃料電池1の内部を経由する循環管路51と、循環管路51上に設

けられたポンプ 5 2、熱交換器 5 3、脱水素反応器（吸熱反応器）5 4、熱交換器 5 5、水素化反応器（発熱反応器）5 6 および凝縮器 5 7 とを有する。吸熱反応手段としての脱水素反応器 5 4 は燃料電池 1 に内蔵されている。燃料電池冷却系 C S は I P A / アセトン系のケミカルヒートポンプ H P 1 を構成し、その基本回路構成は前記第 1 の実施形態における I P A / アセトン系のケミカルヒートポンプと同様である。また、脱水素反応器 5 4 および水素化反応器 5 6 に使用できる触媒も同様である。なお、第 1 のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプ H P 1 により構成される。

【 0 0 8 6 】

燃料電池 1 には温度センサ 5 8 が設けられ、燃料電池 1 が作動温度になってから温度センサ 5 8 の検出値に基づいて制御部 C 6 によりポンプ 5 2 は駆動される。また、水素化反応器 5 6 には温度センサ 5 9 が設けられ、制御部 C 7 により温度センサ 5 9 の検出値に基づいてヒータ 6 0 が制御され、水素化反応器 5 6 の内部温度が水素化反応温度（約 2 0 0 ℃）に調節されるようになっている。

【 0 0 8 7 】

脱水素反応器 5 4 を燃料電池 1 に内蔵する具体的構造としては、セパレータ 3 を燃料側と空気側の 2 部品に分け、両部品間に脱水素反応器 5 4 を挟み込む挟持方式や、セパレータ 3 を構成する 2 部品の接合界面上に脱水素反応器 5 4 の反応通路を直接形成する一体方式を採用することができる。

【 0 0 8 8 】

図 5 は燃料電池 1 に内蔵された挟持方式の脱水素反応器 5 4 の組付構造を示す。燃料電池 1 はセパレータ 3、電極 4、5 及び電解質膜 6 からなるセルが多層に積層された構造をとり（図 2 を参照）、脱水素反応器 5 4 がセパレータ 3 を燃料側と空気側との 2 部品に分けた 2 つのセパレータ部品 3 a、3 b の間に挟持された構造をとる。

【 0 0 8 9 】

脱水素反応器 5 4 には例えば図 6 に示すチューブ式冷却板が使用される。

図 6 に示すように、冷却板 6 1 はアルミニウムなどの金属からなるプレス成形品からなり、その基板 6 2 の内部には蛇行する経路のチューブ 6 3 が成形されて

いる。基板 6 2 から延出するチューブ 6 3 の両端部により、燃料流入部 6 3 a と燃料流出部 6 3 b が形成されている。チューブ 6 3 の内部には脱水素化反応のための触媒が担持されている。冷却板 6 1 がセパレータ部品 3 a, 3 b に挟持された組付状態では、反応通路となるチューブ 6 3 がセパレータ 3 の燃料極面と空気極面との間を通るように配置される。

【 0 0 9 0 】

また、図 7 は燃料電池 1 に内蔵された一体方式の脱水素反応器 5 4 の組付構造を示す。燃料電池 1 はセパレータ 3、電極 4、5 及び電解質膜 6 からなるセルが多層に積層された構造をとり（図 2 を参照）、脱水素反応器 5 4 はセパレータ 3 を燃料側と空気側との 2 部品に分けた両セパレータ部品 3 c, 3 d を接合することによって、両セパレータ部品 3 c, 3 d の接合面上に加工された溝通路によって形成されている。

【 0 0 9 1 】

図 8 はセパレータ部品 3 c (3 d) を示す。セパレータ部品 3 c (3 d) は、例えばカーボン等の材質からなる基板 6 5 を備える。基板 6 5 には燃料流路 6 6 と水素流路 6 7 と空気流路 6 8 の三路が厚さ方向に貫通して形成されている。燃料流路 6 6 と水素流路 6 7 と空気流路 6 8 は流入用と流出用とのそれぞれ 1 つずつ形成され、基板 6 5 は燃料流路 6 6 の流入口 6 6 a と流出口 6 6 b、水素流路 6 7 の流入口 6 7 a と流出口 6 7 b、および空気流路 6 8 の流入口 6 8 a と流出口 6 8 b を有する。基板 6 5 の表面には燃料流路 6 6 の流入口 6 6 a 及び流出口 6 6 b と連通する状態で格子状の経路をとる溝 6 5 a が刻設されている。セパレータ部品 3 c と接合されるもう一方のセパレータ部品 3 d にはその相對面に溝 6 5 a と同形状の溝（図示せず）が形成され、両溝の接合により反応管路 6 9 が形成される。反応管路 6 9 の内部には脱水素反応用の触媒が担持されている。反応通路となる反応管路 6 9 はセパレータ 3 の燃料極面と空気極面との間を通るようにセパレータ 3 の内部に形成される。

【 0 0 9 2 】

このセパレータ 3 が燃料電池 1 に組み込まれた状態では、三本の流路 6 6, 6 7, 6 8 は燃料電池 1 をセル列方向に貫通し、水素流路 6 7 は各セルの燃料極に

連通され、空気流路 6 8 は各セルの空気極に連通されるようになっている。各セパレータ部品 3 c, 3 d の反応管路 6 9 (溝 6 5 a) と反対側の面上、すなわち燃料極面と空気極面には水素流路および空気流路となる多列の溝がそれぞれ直交する向きに形成されている (図 2 を参照)。なお、図 5 および図 7 では、脱水素反応器 5 4 が燃料電池 1 のセル間にセル複数個おきに配置されているが、各セパレータ 3 を脱水素反応器内蔵型の構成とすることもできる。

【 0 0 9 3 】

また、タンク 5 0 に接続された管路 7 0 の先端が循環管路 5 1 の水素化反応器 5 6 の上流側にて接続されている。管路 7 0 上にはコンプレッサ C P 2 が設けられ、タンク 5 0 に設けられた圧力センサ (図示せず) の検出値に基づいて制御部 C 6 によりタンク 5 0 の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサ C P 2 が駆動される。

【 0 0 9 4 】

次に水素供給系について説明する。

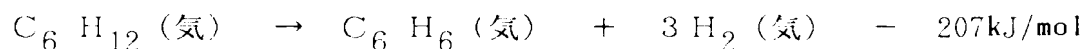
水素供給系は、シクロヘキサン/ベンゼン系のケミカルヒートポンプ H P 2 と、脱水素反応後の水素・ベンゼン混合ガスから純水素を分離する水素分離系 H S とを備える。なお、第 2 のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプ H P 2 により構成される。

【 0 0 9 5 】

燃料タンク 1 0 は前記第 1 の実施形態と同様の構造であり、タンク 1 1 内に収納された伸縮式容器 1 2 によりタンク 1 1 内は燃料室 1 3 と回収室 1 4 との二室に区画されている。本実施形態も、燃料の脱水素反応生成物を回収して保管する回収液保管方式を採用する。

【 0 0 9 6 】

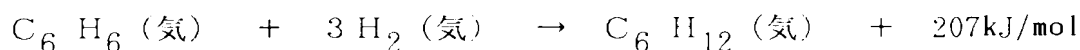
燃料となるシクロヘキサン C_6H_{12} の脱水素反応は次式で示される。



上式のようにシクロヘキサンは脱水素反応によりベンゼン C_6H_6 と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は約 200°C で進む吸熱反応である。

【 0 0 9 7 】

また、ベンゼンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は約 3 5 0℃で進む発熱反応である。

【 0 0 9 8 】

上記の水素化脱水素反応を利用したシクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプ H P 2 は次のように構成される。燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 は管路 7 1 を通じて補助タンク 7 3 と接続され、管路 7 1 上に設けられたポンプ 7 2 によって補助タンク 7 3 へシクロヘキサン液が送られる。ケミカルヒートポンプ H P 2 は、補助タンク 7 3 と、補助タンク 7 3 に入口と出口を接続する循環管路 7 4 と、循環管路 7 4 上に設けられたポンプ 7 5、熱交換器 7 6、脱水素反応手段としての脱水素反応器 7 7、熱交換器 7 8、2 つの圧縮機 7 9、水素化反応器 8 0、減圧弁 8 1 および凝縮器 8 2 とを備えている。

【 0 0 9 9 】

脱水素反応器 7 7 および水素化反応器 8 0 の内部は触媒担持されている。触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。水素化反応器 8 0 ではベンゼン水素化反応（発熱反応約 3 5 0℃）によりシクロヘキサン、ベンゼン及び水素の平衡混合物が得られ、その顕熱は熱交換器 7 8 によってベンゼン・水素混合気体の予熱に使われるとともに、熱交換器 7 6 によってシクロヘキサンの予熱に使われる。

【 0 1 0 0 】

脱水素反応器 7 7 の内部で起こる吸熱反応の熱源には、燃料電池 1 の冷却用に使用する I P A / アセトン系のケミカルヒートポンプ H P 1 の発熱（排熱）を利用する。この冷却用ケミカルヒートポンプ H P 1 の水素化反応器（発熱反応器）5 6 と脱水素反応器 7 7 は、熱交換可能な熱交換器を構成する。冷却用ケミカルヒートポンプ H P 1 の発熱温度約 2 0 0℃で脱水素反応器 7 7 内の吸熱反応が進められる。脱水素反応器 7 7 の内部温度も温度センサ 5 9 の検出値に基づく制御部 C 7 によるヒータ 6 0 の制御により、脱水素反応温度（約 2 0 0℃）に調節されるようになっている。なお、脱水素反応器用のヒータを別途設けることもできる。また、水素化反応器 5 6 および脱水素反応器 7 7 により構成される熱交換器

には、例えばプレート型触媒反応器が使用される。

【0 1 0 1】

2つの圧縮機79は、水素化反応器80に送る水素およびベンゼンガスを高圧（例えば約20気圧）に圧縮するためのものである。また、水素化反応器80には温度センサ84が設けられ、ヒータ85及び冷風機86が温度センサ84の検出値に基づいて制御部C8により制御されることにより、その加熱・冷却作用によって水素化反応器80の内部温度が約350℃の水素化反応温度に調節されるようになっている。なお、水素化反応器80及び冷風機86により排熱手段が構成される。

【0 1 0 2】

ベンゼン水素化反応後のシクロヘキサン、水素およびベンゼンの平衡混合物は、各熱交換器78、76を通るときに降温されるとともに減圧弁81で減圧されてから凝縮器82でシクロヘキサン（沸点81℃）及びベンゼン（沸点80℃）が液化された状態で、補助タンク73に還流される。

【0 1 0 3】

循環管路74には脱水素反応器77と熱交換器78との間で分岐する管路87が接続されており、管路87は気液分離器88に接続されている。管路87上には流量制御弁（MFC）89および凝縮器90が設けられている。シクロヘキサン脱水素反応後に管路87を通過して送られる水素及びベンゼンは、管路87上の途中に設けられた凝縮器90によってベンゼン（沸点80℃）が液化された状態で気液分離器88に送られ、気液分離器88にベンゼン液が貯留される。

【0 1 0 4】

気液分離器88には水素分離膜（水素透過膜）91が設けられ、その水素分離膜91を隔てた下流側の室には水素供給管路92が接続されている。気液分離器88からは水素分離膜91を通り抜けた純水素が水素供給管路92を通じて燃料電池1に排出されるようになっている。水素供給管路92上には減圧弁93および流量制御弁（MFC）94が設けられている。電力消費があつて制御部C6により発電の必要があると判断されると、流量制御弁94が開弁されて要求発電量に応じた開度に制御され、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給

される。減圧弁 9 3 は流量制御弁 9 4 の上流側で水素の圧力を減圧する。なお、気液分離手段は、管路 8 7, 9 2, 9 7、凝縮器 9 0、気液分離器 8 8、水素分離膜 9 1 及びポンプ 9 8 等から構成される。

また、気液分離器 8 8 内の水素の圧力を検出する圧力センサ 9 5 の検出信号に基づき制御部 C 9 により流量制御弁 8 9 は制御され、気液分離器 8 8 には常に設定圧以上の水素が蓄えられるようになっている。補助タンク 7 3 内の液量（シクロヘキサン主成分液）は、流量制御弁 8 9 が開かれてベンゼン及び水素が管路 8 7 を通ってヒートポンプ H P 2 の系から排出された分だけ減少する。補助タンク 7 3 に設けられた液面センサ 9 6 の検出信号に基づき補助タンク 7 3 内の液量が設定量を下回ると判断されると制御部 C 1 0 によりポンプ 7 2 が駆動され、燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 から補助タンク 7 3 ハシクロヘキサンが補給される。

【0 1 0 5】

また、気液分離器 8 8 と燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 とを繋ぐ管路 9 7 上にはポンプ 9 8 が設けられている。気液分離器 8 8 にはベンゼン液量を検出する液面センサ 9 9 が設けられ、制御部 C 9 は液面センサ 9 9 の検出信号に基づきポンプ 9 8 を駆動し、気液分離器 8 8 内のベンゼン液量が設定量を超えないようにベンゼンを燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 へ送るようになっている。

【0 1 0 6】

また、補助タンク 7 3 に接続された管路 7 4 a の先端が循環管路 7 4 の水素化反応器 8 0 の上流側にて接続されている。管路 7 4 a 上にはコンプレッサ C P 3 が設けられ、補助タンク 7 3 に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部 C 1 0 により補助タンク 7 3 の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサ C P 3 が駆動される。

【0 1 0 7】

上記のように構成される燃料電池システム F C S は次のように作動する。

燃料電池システム F C S が装備される例えば車両または家庭用自家発電装置で電力消費があると流量制御弁 9 4 が開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、気液分離器 8 8 内から燃料電池 1 の燃料極に要求発電量に応じた流量で純水素が供給され、これと同時に空気極には空気供給装置から空気が供給され

、燃料電池 1 の内部では発電が行われる。

【0 1 0 8】

燃料電池 1 に設けられた温度センサ 5 8 の検出温度に基づいて制御部 C 6 によりポンプ 5 2 が駆動され、脱水素反応器 5 4 には燃料電池 1 が作動温度に保たれる流量で I P A が送られる。脱水素反応器 5 4 内の吸熱反応によって燃料電池 1 は冷却されて作動温度に調節される。

【0 1 0 9】

燃料電池 1 の廃熱はその冷却用 (I P A / アセトン系) ケミカルヒートポンプ H P 1 により昇温され、その水素化反応器 5 6 の約 2 0 0 °C の発熱 (排熱) が熱交換を介して脱水素反応器 7 7 に与えられ、シクロヘキサンの脱水素反応の熱源として利用される。

【0 1 1 0】

脱水素反応器 7 7 ではシクロヘキサンの脱水素反応 (吸熱反応) が行われ、水素とベンゼンが生成される。脱水素反応後の生成ガスは昇温されて約 3 5 0 °C 近くにして水素化反応器 8 0 に送られ、ここでベンゼンの水素化反応が行われてシクロヘキサンが再生される。ベンゼン水素化反応後の平衡混合物ガスは各熱交換器 7 8, 7 6 で冷却されるとともに減圧弁 8 1 により減圧されてから凝縮器 8 2 を通って補助タンク 7 3 に還流される。補助タンク 7 3 にはシクロヘキサン及び未反応ベンゼンからなる液体が貯留される。

【0 1 1 1】

一方、シクロヘキサン脱水素反応後の水素及びベンゼンは、気液分離器 8 8 内の水素ガス圧が低くなって流量制御弁 8 9 が開かれたときに凝縮器 9 0 を通って気液分離器 8 8 に送られる。気液分離器 8 8 には凝縮器 9 0 で液化されたベンゼンが貯留される。気液分離器 8 8 に液化分離されたベンゼン液はポンプ 9 8 の駆動によって燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 に回収される。気液分離器 8 8 に蓄えられた水素は水素分離膜 9 1 を透過し、純水素のみが燃料電池 1 に送られる。

【0 1 1 2】

この実施形態によれば第 1 の実施形態で述べた (1) ~ (4) の効果が同様に得られる。すなわち燃料は異なるものの、燃料の脱水素反応で水素を得る方式で

、脱水素反応後の反応生成物（ベンゼン）を液体で回収する回収液保管方式を採用することにより燃料電池 1 に純水素を供給できるので、前記（1）～（3）の効果が同様に得られる。また燃料タンク 1 0 は伸縮式容器 1 2 を内蔵する可動仕切り構造なので、前記（4）の効果が同様に得られる。さらにベンゼンの水素化反応により燃料であるシクロヘキサンを再生するので、前記（6）、（7）の効果が同様に得られる。その他、次の効果が得られる。

【0 1 1 3】

（8）燃料電池 1 の廃熱を冷却用ケミカルヒートポンプ H P 1 により約 2 0 0℃に昇温し、さらに高温側ケミカルヒートポンプ H P 2 により約 3 5 0℃に昇温してから排熱されるので、ラジエータとして機能する水素化反応器 8 0 の排熱温度が約 3 5 0℃とさらに高く、ラジエータ機能部分の排熱温度とその周辺外部環境温度（例えば 3 0 ～ 5 0℃）との温度差をさらに大きくすることができる。よって、水素化反応器 8 0 が冷風機 8 6 により冷却されるときに排熱効率が高くなる。その結果、第 1 の実施形態よりもラジエータ部分を一層小型にでき、さらに小型の燃料電池システム F C S を提供できる。また、脱水素反応器 5 4 はその反応通路となるチューブ 6 3 または反応管路 6 9 がセパレータ 3 の燃料極面と空気極面との間を通る挟持方式または一体方式の構造でセパレータ 3 と一体的に設けられているので、燃料電池 1 に比較的コンパクトに内蔵可能であるとともに、燃料電池 1 からの吸熱効率を高めることができる。

【0 1 1 4】

（9）燃料 1 モル当たりの水素発生モル数の多いシクロヘキサンを燃料として使用するので、例えば燃料電池システム F C S を車載用に使用する場合、必要走行距離を確保するのに必要な燃料容積を、前記第 1 実施形態で使用した I P A を燃料とする構成に比べ少なくすることができる。よって、燃料タンク 1 0 の小型化により燃料電池システムを一層小型化することができる。

【0 1 1 5】

（第 3 の実施形態）

次に第 3 の実施形態を図 9 に従って説明する。

本実施形態では燃料電池 1 の廃熱をケミカルヒートポンプにより昇温した高温

の排熱を利用して発電をする。本実施形態では含水素有機系化合物の燃料としてメチルシクロヘキサンを使用する。

【0116】

燃料となるメチルシクロヘキサン $C_6H_{11}CH_3$ の脱水素反応は次式で表される。

$$C_6H_{11}CH_3 \text{ (気)} \rightarrow C_6H_5CH_3 \text{ (気)} + 3H_2 \text{ (気)} - 204.8\text{kJ/mol}$$

上式のようにメチルシクロヘキサンは脱水素反応によりトルエン $C_6H_5CH_3$ と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は約 200°C で進む吸熱反応である。

【0117】

また、トルエンの水素化反応は次式で示される。

$$C_6H_5CH_3 \text{ (気)} + 3H_2 \text{ (気)} \rightarrow C_6H_{11}CH_3 \text{ (気)} + 204.8\text{kJ/mol}$$

この水素化反応は約 350°C で進む発熱反応である。

【0118】

本実施形態では、二段のケミカルヒートポンプを構築する点は前記第2の実施形態と同様である。すなわち燃料電池冷却用に採用するIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプと、水素生成用に採用するメチルシクロヘキサン／トルエン／ H_2 系（以下、単にメチルシクロヘキサン／トルエン系という）のケミカルヒートポンプとを、それぞれ低温側ケミカルヒートポンプ及び高温側ケミカルヒートポンプとして二段のヒートポンプ系を構築する。そして、本実施形態では、燃料電池1の冷却用に使用される低温側ケミカルヒートポンプの発熱（排熱）を、高温側ケミカルヒートポンプによりさらに昇温し、その高温度の排熱を発電に利用する。

【0119】

燃料電池1の冷却用に使用する低温側ヒートポンプは前記第2の実施形態と同様である。燃料電池1の廃熱はその冷却用の低温側ケミカルヒートポンプにより昇温され、その発熱側である水素化反応温度約 200°C の排熱を熱交換を介して高温側ケミカルヒートポンプの吸熱側であるメチルシクロヘキサンの脱水素反応の熱源として利用する。

【0120】

燃料電池冷却系は前記第 2 の実施形態と同様で、タンク 5 0 と、タンク 5 0 に入口と出口が接続されるとともに燃料電池 1 の内部を経由する循環管路 5 1 と、循環管路 5 1 上に設けられたポンプ 5 2、熱交換器 5 3、脱水素反応器（吸熱反応器）5 4、熱交換器 5 5、水素化反応器（発熱反応器）5 6 および凝縮器 5 7 とを備えている。脱水素反応器 5 4 には前記第 2 の実施形態で述べた図 5 ～図 8 に示すいずれかの構造が使用されている。

【0 1 2 1】

燃料電池 1 には温度センサ 5 8 が設けられ、燃料電池 1 が作動温度になってから温度センサ 5 8 の検出値に基づいて制御部 C 6 によりポンプ 5 2 が駆動される。また、水素化反応器 5 6 には温度センサ 5 9 が設けられ、水素化反応器 5 6 の内部温度が水素化反応温度（約 2 0 0℃）になるように制御部 C 7 によりヒータ 6 0 が制御されるようになっている。また、タンク 5 0 に接続された管路 7 0 の先端が循環管路 5 1 の水素化反応器 5 6 の上流側にて接続され、管路 7 0 上に設けられたコンプレッサ C P 2 が、タンク 5 0 に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部 C 6 により駆動されることによってタンク 5 0 の内部圧が設定値を超えないようになっている。

【0 1 2 2】

次に水素供給系について説明する。

水素供給系は、メチルシクロヘキサン／トルエン系のケミカルヒートポンプ H P 2 と、脱水素反応後の水素・トルエン混合ガスからトルエンを液化分離することにより純水素を分離する水素分離系 H S とを備える。

燃料タンク 1 0 は、前記第 1 の実施形態と同様の構造であり、タンク 1 1 内に収納された伸縮式容器 1 2 により燃料室 1 3 と回収室 1 4 との二室に区画されている。タンク 1 1 には給油口と排液口（いずれも図示省略）が設けられ、燃料室 1 3 のメチルシクロヘキサンは給油口から供給されるとともに、回収室 1 4 のトルエンは排液口から外部に排出されるようになっている。本実施形態も、燃料であるメチルシクロヘキサンの脱水素反応生成物であるトルエンを回収して保管する回収液保管方式を採用する。燃料であるメチルシクロヘキサン及び反応生成物であるトルエンは共に常温で液体である。

【0 1 2 3】

燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 は管路 1 0 0 を通じて補助タンク 1 0 1 に接続され、管路 1 0 0 上に設けられたポンプ 1 0 2 によって補助タンク 1 0 1 へメチルシクロヘキサン液が送られるようになっている。メチルシクロヘキサン／トルエン系のケミカルヒートポンプ H P 2 は、脱水素反応系部分と水素化反応系部分とから構成される。

【0 1 2 4】

脱水素反応系部分は、補助タンク 1 0 1 と、補助タンク 1 0 1 に入口を接続する管路 1 0 3 と、管路 1 0 3 上に設けられたポンプ 1 0 4、熱交換器 1 0 5、脱水素反応手段としての脱水素反応器 1 0 6 および凝縮器 1 0 7 とを備えている。管路 1 0 3 の出口は気液分離器 1 0 8 に接続されている。脱水素反応器 1 0 6 ではメチルシクロヘキサンの脱水素反応が冷却用（低温側）ケミカルヒートポンプ H P 1 の発熱（排熱）を熱源に利用して行われ、トルエン・水素混合気体が生成される。この冷却用ケミカルヒートポンプ H P 1 の水素化反応器（発熱反応器）5 6 と脱水素反応器 1 0 6 は、熱交換可能な熱交換器を構成する。冷却用ケミカルヒートポンプ H P 1 の発熱温度約 2 0 0 °C で脱水素反応器 1 0 6 内の吸熱反応が進められる。脱水素反応器 1 0 6 の内部温度は温度センサ 5 9 の検出値に基づき制御部 C 7 によるヒータ 6 0 の制御により脱水素反応温度（約 2 0 0 °C）に調節されるようになっている。脱水素反応後の混合気体の顕熱は熱交換器 1 0 5 によってメチルシクロヘキサンの予熱に使われる。凝縮器 1 0 7 ではトルエンが液化され、気液分離器 1 0 8 にはトルエン（沸点 1 1 1 °C）が液化分離される。脱水素反応器 1 0 6 の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。なお、第 1 のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプ H P 1 により構成され、第 2 のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプ H P 2 により構成される。

【0 1 2 5】

気液分離器 1 0 8 は管路 1 0 9 を通じて補助タンク 1 0 1 に接続されている。管路 1 0 9 上には凝縮器 1 1 0 が設けられている。気液分離器 1 0 8 内の水素を含むガスは管路 1 0 9 を通って補助タンク 1 0 1 に送られる。

【0 1 2 6】

補助タンク 1 0 1 には水素分離膜（水素透過膜） 1 1 1 が設けられ、その水素分離膜 1 1 1 を隔てたその下流側の室には水素供給管路 1 1 2 が接続されている。水素分離膜 1 1 1 を通り抜けた純水素は水素供給管路 1 1 2 を通じて燃料電池 1 に供給されるようになっている。水素供給管路 1 1 2 上には減圧弁 1 1 3 および流量制御弁（MFC） 1 1 4 が設けられている。流量制御弁 1 1 4 は制御部 C 6 により発電が必要と判断されたときに開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、燃料電池 1 には要求発電量に応じた流量で水素が供給されるようになっている。減圧弁 1 1 3 は流量制御弁 1 1 4 の上流側で水素の圧力を減圧する。

【0 1 2 7】

一方、水素化反応系部分は、気液分離器 1 0 8 と、気液分離器 1 0 8 に入口と出口を接続する循環管路 1 1 5 と、循環管路 1 1 5 上に設けられたポンプ 1 1 6 、水素化反応器 1 1 7 、熱交換器 1 1 8 、減圧弁 1 1 9 および凝縮器 1 2 0 とを備えている。循環管路 1 1 5 にはポンプ 1 1 6 と水素化反応器 1 1 7 との間に、水素供給管路 1 1 2 から分岐した水素供給管路 1 2 1 が接続されている。水素供給管路 1 2 1 上には、2 つの圧縮機 1 2 2 が設けられている。水素は 2 つの圧縮機 1 2 2 により高圧（例えば約 2 0 気圧）に圧縮されてから水素化反応器 1 1 7 の上流側に供給されるようになっている。また、水素化反応器 1 1 7 には温度センサ 1 2 3 が設けられ、管路 1 1 5 に設けられたヒータ 1 2 4 が温度センサ 1 2 3 の検出値に基づいて制御部 C 1 1 により制御されることにより、その加熱によって水素化反応器 1 1 7 の内部温度が約 3 5 0 °C の水素化反応温度に調節されるようになっている。

【0 1 2 8】

水素化反応器 1 1 7 の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。水素化反応器 1 1 7 ではトルエン水素化反応（発熱反応：約 3 5 0 °C）によりメチルシクロヘキサン、トルエン及び水素の平衡混合物が得られる。つまり、水素化反応器 1 1 7 でトルエンの水素化反応が行われることによりメチルシクロヘキサンが再生される。水素化反応後の平衡混合ガスの顕

熱は熱交換器 1 1 8 によって水素の予熱に使われる。トルエン水素化反応後の平衡混合ガスは、熱交換器 1 1 8 を通るときに降温されるとともに減圧弁 1 1 9 により減圧されてから凝縮器 1 2 0 でトルエン（沸点 1 1 1℃）が液化された状態で、気液分離器 1 0 8 に還流される。

【 0 1 2 9 】

気液分離器 1 0 8 では未反応トルエン（沸点 1 1 1℃）が液化され、メチルシクロヘキサンガス（沸点 1 0 1℃）は管路 1 0 9 を通じて補助タンク 1 0 1 に送られる。管路 1 0 9 上の途中に設けられた凝縮器 1 1 0 でメチルシクロヘキサンは液化されて補助タンク 1 0 1 に貯留される。

【 0 1 3 0 】

補助タンク 1 0 1 には液面センサ 1 2 5 が設けられ、液面センサ 1 2 5 の検出信号に基づき管路 1 0 0 上のポンプ 1 0 2 が制御部 C 1 2 により駆動されることによって、補助タンク 1 0 1 には常時設定量（設定液面）以上のメチルシクロヘキサン液が蓄えられている。

【 0 1 3 1 】

また、気液分離器 1 0 8 にはトルエン液を排出するための管路 1 2 6 が燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 との間に接続されている。気液分離器 1 0 8 に溜まったトルエン液は、その液面を検出する液面センサ 1 2 7 の検出信号に基づき管路 1 2 6 上のポンプ 1 2 8 が制御部 C 1 3 により駆動されることによって、設定量（設定液面）を超えた分量については燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 に送られるようになっている。なお、気液分離手段は、凝縮器 1 1 0、1 2 0、気液分離器 1 0 8、補助タンク 1 0 1、水素分離膜 1 1 1、管路 1 1 2、1 2 6、ポンプ 1 2 8 等により構成される。

【 0 1 3 2 】

水素化反応器 1 1 7 の排熱は、発電システム G S の熱源に使用される。発電システム G S は、タンク 1 3 0 と、タンク 1 3 0 に入口と出口を接続する循環管路 1 3 1 と、循環管路 1 3 1 上に設けられたポンプ 1 3 2、水蒸気発生器（受熱器）1 3 3、スクロール式膨張機 1 3 4 および凝縮器 1 3 5 と、熱機関としてのスクロール式膨張機 1 3 4 に駆動連結された発電機 1 3 6 とを備えている。ポンプ

1 3 2 は水素化反応器 1 1 7 に設けられた温度センサ 1 2 3 の検出信号に基づき制御部 C 1 1 により駆動制御される。水素化反応器 1 1 7 と水蒸気発生器 1 3 3 は熱交換器を構成し、水素化反応器 1 1 7 内の発熱反応熱を熱源として水蒸気発生器 1 3 3 では水から水蒸気が生成される。スクロール式膨張機 1 3 4 は水蒸気により駆動され、その駆動力により発電機 1 3 6 が駆動されて発電が行われる。発電機 1 3 6 により発電された電力は図示しないバッテリーに蓄えられ、燃料電池システム F C S の供給電力として使用されるようになっている。なお、排熱手段及び発電手段は、水素化反応器 1 1 7、タンク 1 3 0、循環管路 1 3 1、ポンプ 1 3 2、水蒸気発生器 1 3 3、スクロール式膨張機 1 3 4、凝縮器 1 3 5 及び発電機 1 3 6 により構成される。

【0 1 3 3】

この実施形態によれば、第 2 の実施形態と同様に (1) ~ (4) , (6) , (9) の効果が得られる。その他、次の効果が得られる。

(1 0) 排熱を利用して発電をするので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。また、密閉式であるスクロール式膨張機を使用するので、開放式のタービンに比べ回転速度の高低によらず広い回転数域で高い機械効率が得られる。

【0 1 3 4】

(第 4 の実施形態)

以下、本発明を具体化した第 4 の実施形態を図 1 0 , 図 1 1 に従って説明する。

【0 1 3 5】

本実施形態の燃料電池システム F C S は、脱水素反応後の反応生成物を回収した回収液をバーナで燃焼させ、脱水素反応の熱源として利用する。燃料電池 1 の冷却には従来同様に冷却水によるラジエータを使用する。

【0 1 3 6】

図 1 0 に示すように燃料電池システム F C S は、燃料電池 1 と、水素供給システム 2 を備える。水素供給システム 2 は I P A を燃料としてその脱水素反応により水素を生成し、燃料電池 1 に供給するとともに、その反応生成物であるアセト

ンは前記第 1 の実施形態と同様に回収して保管する。なお、燃料電池 1 の空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。

【0137】

燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク 140 は、タンク 141 と、タンク 141 の内部を上下二室に区画するようにタンク 141 内に設けられた可動仕切としての隔膜 142 とを備える。タンク 141 内には、隔膜 142 の下側に燃料室 13 が、隔膜 142 の上側に回収室 14 が区画されている。隔膜 142 は例えば燃料に対して高い耐油性を有するゴムからなる。図 11 (a) に示すように、燃料が多いときは隔膜 142 は上方へ凹むように弾性変形をし、燃料室 13 の容積が広くなるとともに回収室 14 の容積が狭くなる。図 11 (b) に示すように、燃料が少ないときは隔膜 142 は下方へ凹むように弾性変形をし、燃料室 13 の容積が狭くなるとともに回収室 14 の容積が広くなる。つまり、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように隔膜 142 が変形して両室 13, 14 の容積を変化させる。なお、図 11 の方式の燃料タンク 140 に水素分離膜 155 を設けて本実施形態では使用している。

【0138】

水素供給システム 2 は、燃料タンク 140 と、燃料タンク 140 の燃料室 13 に入口が接続されるとともに出口が気液分離器 147 に接続された管路 143 と、管路 143 上に設けられたポンプ 144、脱水素反応手段としての脱水素反応器 145 および凝縮器 146 とを有する。脱水素反応器 145 に使用できる触媒は第 1 の実施形態と同様である。

【0139】

脱水素反応器 145 での IPA の脱水素反応により生成された水素及びアセトンは、凝縮器 146 で IPA（沸点 81℃）が液化された状態で気液分離器 147 に送られる。気液分離器 147 に接続された管路 148 は、管路 143 に対しポンプ 144 と脱水素反応器 145 との間において接続されている。管路 148 上にはポンプ 149 が設けられ、気液分離器 147 に設けられた液面センサ 150 の検出値に基づき液面が設定液面以上になると、制御部 C15 によりポンプ 144 に替えてポンプ 149 が駆動され、気液分離器 147 の IPA が脱水素反応

器 1 4 5 に供給されるようになっている。

【 0 1 4 0 】

気液分離器 1 4 7 に接続された管路 1 5 1 は気液分離器 1 5 2 に接続され、管路 1 5 1 上には凝縮器 1 5 3 が設けられている。気液分離器 1 4 7 内のガスは管路 1 5 1 を通って途中の凝縮器 1 5 3 でアセトン（沸点 5 6℃）が液化され、気液分離器 1 5 2 にはアセトンが液化分離される。気液分離器 1 5 2 内のガスは管路 1 5 4 を通じて燃料タンク 1 4 0 の回収室 1 4 に送られ、気液分離器 1 5 2 内のアセトンは所定液面に達すると管路 1 5 4 を通じて燃料タンク 1 4 0 の回収室 1 4 に流れ込む。

【 0 1 4 1 】

燃料タンク 1 4 0 の回収室 1 4 には水素分離膜 1 5 5 が設けられ、水素分離膜 1 5 5 を隔てた下流側の室には管路 1 5 6 が接続されている。管路 1 5 6 上には減圧弁 1 5 7 および流量制御弁 1 5 8 が設けられている。制御部 C 1 5 は発電が必要であると判断すると、流量制御弁 1 5 8 を開くとともに要求発電量に応じた開度に制御し、燃料電池 1 には要求発電量に応じた流量で水素が供給される。減圧弁 1 5 7 は流量制御弁 1 5 8 の上流側で水素の圧力を減圧する。

【 0 1 4 2 】

燃料タンク 1 4 0 の回収室 1 4 には水素の圧力を検出するための圧力センサ 1 5 9 が設けられ、圧力センサ 1 5 9 の検出値に基づいて水素の圧力が設定値未満になると、制御部 C 1 5 によりポンプ 1 4 4 又はポンプ 1 4 9 が駆動され、I P A が脱水素反応器 1 4 5 に供給されるようになっている。なお、気液分離手段は、燃料タンク 1 4 0、凝縮器 1 4 6、1 5 3、気液分離器 1 4 7、1 5 2、管路 1 4 3、1 5 1、1 5 4、水素分離膜 1 5 5 等により構成される。

【 0 1 4 3 】

燃料タンク 1 4 0 の回収室 1 4 に接続された管路 1 6 0 は、燃焼手段としてのバーナ 1 6 1 に接続されており、管路 1 6 0 上にはポンプ 1 6 2 が設けられている。バーナ 1 6 1 は脱水素反応器 1 4 5 の近傍に位置し、圧力センサ 1 5 9 の検出値に基づく判断により、回収室 1 4 の水素の圧力がポンプ 1 4 4（1 4 9）の駆動開始設定圧以下になると、制御部 C 1 5 によりポンプ 1 6 2 が駆動されると

ともようにバーナ 161 が着火されるようになっている。脱水素反応器 145 には温度センサ 163 が設けられ、温度センサ 163 の検出値に基づき脱水素反応器 145 の内部温度が燃料 (IPA) の脱水素反応温度約 80℃ になるように制御部 C15 によりポンプ 162 の回転速度が制御され、バーナ 161 に供給されるアセトン量が調節されるようになっている。よって、回収液 (アセトン) の一部はバーナ 161 で燃焼されることで脱水素反応器 145 の熱源として利用される。なお、バーナ 161 の燃焼熱を低温起動時等の補助熱源として利用することも可能である。

【0144】

この実施形態では燃料に IPA を使ってその回収液であるアセトンを燃焼させる方式を採用したが、燃料は IPA 以外であってもよく、シクロヘキサンやメチルシクロヘキサンを燃料として使用することもできる。この場合は、IPA とは燃料の脱水素反応温度が異なるので、脱水素反応器の内部温度が燃料に使用する含水素有機系化合物の脱水素反応温度となるように温度センサ 163 の検出値に基づいて制御部 C15 によりバーナ 161 の燃焼を制御すればよい。

【0145】

この実施形態によれば、前記第 1 の実施形態で述べた (1) の効果の中で燃焼によって発生する CO_2 は大気に排出されるが、従来のメタノール改質よりも排出量は少なく、それ以外は (1) と同等の効果が得られると共に、(2) ~ (4) の効果が同様に得られる。すなわち CO_2 が混入しない純水素供給方式でありながら、小型、軽量、取扱容易性、インフラ整備面などの総合評価で従来知られる他方式の燃料電池システムに比べ優れている。よって車載用の燃料電池システムとしてより実用的であり、さらに回収液保管方式でありながら隔膜式の燃料タンク 140 を使用することによってタンク容積を小さく抑えることができ、システム全体の小型化にも寄与する。さらに以下の効果が得られる。

(10) 回収液を燃焼させて脱水素反応器 145 の熱源とするので、回収液を有効利用できる。また、例えば車載用に使用する場合、回収液の燃焼消費による減量によって走行距離を延ばす方向に寄与する。

【0 1 4 6】

(第 5 の実施形態)

次に第 5 の実施形態を図 1 2 に基づいて説明する。

この実施形態は、前記第 3 の実施形態のように燃料電池 1 の廃熱を利用して発電をする場合の他の発電方式を採用する例で、ゼーベック効果を利用した発電方式を採用する。

【0 1 4 7】

図 1 2 に示すように、例えばケミカルヒートポンプ H P 2 を構成する水素化反応器 1 1 7 に対し伝熱板 1 7 0 を介した状態で発電手段としての熱発電素子 1 7 1 を配置する。熱発電素子 1 7 1 は、高温側電極 1 7 2 と、2 つの低温側電極 1 7 3, 1 7 4 と、高温側電極 1 7 2 と低温側電極 1 7 3 間に挟まれた n 型半導体 1 7 5 と、高温側電極 1 7 2 と低温側電極 1 7 4 間に挟まれた p 型半導体 1 7 6 とから構成される。そして各低温側電極 1 7 3, 1 7 4 が配線 1 7 7, 1 7 8 を介してバッテリー 1 7 9 のマイナス電極およびプラス電極にそれぞれ接続されている。

【0 1 4 8】

水素化反応器 1 1 7 の発熱による熱が伝熱板 1 7 0 を介して伝えられて高温側電極 1 7 2 が加熱されて高温側電極 1 7 2 が高温になり、低温側電極 1 7 3, 1 7 4 との間に温度差が生じると、起電力が発生し、バッテリー 1 7 9 が充電される。

【0 1 4 9】

よって、この実施形態によれば、前記第 3 の実施形態と同様の効果が得られる。さらに次の効果が得られる。

(1 1) 熱発電素子 1 7 1 を使用すれば、水蒸気発電方式に要求される排熱温度に比べ低い温度レベルの排熱温度であっても十分発電をすることができる。

【0 1 5 0】

(第 6 の実施形態)

次に第 6 の実施形態を図 1 3 に基づいて説明する。

この実施形態は、第 2 の実施形態の変形例である。第 2 の実施形態では二段の

ケミカルヒートポンプを構築して高温で排熱する方式を採用したが、この実施形態では冷却用ケミカルヒートポンプのみの一段とし、水素生成系は燃料の脱水素反応のみで水素化反応は行わない構成としている。燃料の脱水素反応後の反応生成液を回収して保管する回収液保管方式である点は同じである。

【0 1 5 1】

図 1 3 に示すように、燃料電池 1 を冷却するための燃料電池冷却系 C S の構成は、第 2 の実施形態と基本的に同じであり、I P A / アセトン系のケミカルヒートポンプ H P 1 を構築した構成である。この例では水素化反応器の下流域にラジエータを加えている。なお、ケミカルヒートポンプ H P 1 は第 1 のケミカルヒートポンプを構成する。

【0 1 5 2】

燃料電池システム F C S を構成する水素供給システム 2 は、燃料電池冷却系 C S と水素供給系 H S S を備える。

燃料電池冷却系 C S は、タンク 5 0 と、タンク 5 0 に入口と出口が接続されるとともに燃料電池 1 の内部を経由する循環管路 5 1 と、循環管路 5 1 上に設けられたポンプ 5 2、熱交換器 5 3、脱水素反応器（吸熱反応器）5 4、熱交換器 5 5、水素化反応器（発熱反応器）5 6、ラジエータ 1 8 0 および凝縮器 5 7 とを有する。脱水素反応器 5 4 は燃料電池 1 に内蔵されている。また、ラジエータ 1 8 0 の近傍にはラジエータ 1 8 0 に送風するための冷風機 1 8 1 が設けられている。ラジエータ 1 8 0 及び冷風機 1 8 1 を加えたのは、前記第 2 の実施形態において高温側ケミカルヒートポンプで昇温して排熱していた排熱部分が無くなるので、その替わりの排熱部分を設けるためである。

【0 1 5 3】

燃料電池 1 には温度センサ 5 8 が設けられ、燃料電池 1 が作動温度になってから温度センサ 5 8 の検出値に基づいて制御部 C 6 によりポンプ 5 2 は駆動される。また、水素化反応器 5 6 には温度センサ 5 9 が設けられ、温度センサ 5 9 の検出値に基づき制御部 C 7 によりヒータ 6 0 が制御されることにより、水素化反応器 5 6 内が水素化反応温度（約 2 0 0 ℃）となるように温度制御される。また、タンク 5 0 に接続された管路 7 0 の先端が循環管路 5 1 の水素化反応器 5 6 の上

流側にて接続され、管路 7 0 上に設けられたコンプレッサ C P 2 が、タンク 5 0 に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部 C 6 により駆動されることによってタンク 5 0 の内部圧が設定値を超えないようになっている。

【 0 1 5 4 】

次に水素供給（生成）系について説明する。

水素供給系 H S S は、燃料タンク 1 0 から気液分離器 8 8 に至る系のみが第 2 の実施形態と構成が異なる。シクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプに替え、脱水素反応系のみとなる。

【 0 1 5 5 】

燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 は管路 1 8 3 を通じて気液分離器 8 8 に接続され、管路 1 8 3 上にはポンプ 1 8 4、熱交換器 1 8 5、脱水素反応手段としての脱水素反応器 1 8 6、流量制御弁（M F C） 1 8 7 および凝縮器 1 8 8 が設けられている。脱水素反応器 1 8 6 は水素化反応器 5 6 と共に熱交換器を構成している。脱水素反応器 1 8 6 の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。脱水素反応器 1 8 6 ではシクロヘキサンの脱水素反応によってベンゼン及び水素が生成され、その顕熱は熱交換器 1 8 5 によってシクロヘキサンの予熱に使われる。

【 0 1 5 6 】

シクロヘキサン脱水素反応後のガスは、管路 1 8 3 上の途中に設けられた凝縮器 1 8 8 でベンゼン（沸点 8 0 ℃）が液化され、気液分離器 8 8 には水素とベンゼンが気液分離される。

【 0 1 5 7 】

気液分離器 8 8 には水素分離膜 9 1 が設けられ、水素分離膜 9 1 を隔てた下流側の室には水素供給管路 9 2 が接続されている。気液分離器 8 8 からは水素分離膜 9 1 を通り抜けた純水素が水素供給管路 9 2 を通じて燃料電池 1 に排出される。水素供給管路 9 2 上には減圧弁 9 3 および流量制御弁（M F C） 9 4 が設けられている。制御部 C 6 は発電要求指令があると、流量制御弁 9 4 を開弁させて要求発電量に応じた開度に制御し、燃料電池 1 には要求発電量に応じた流量で水素が供給されるようになっている。減圧弁 9 3 は流量制御弁 9 4 の上流側で水素の

圧力を減圧する。

【0 1 5 8】

気液分離器 8 8 内の水素の圧力を検出する圧力センサ 9 5 の検出信号に基づき流量制御弁 1 8 7 は制御部 C 9 により制御され、気液分離器 8 8 には水素が常時設定圧以上蓄えられるようになっている。また、気液分離器 8 8 と燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 とを繋ぐように管路 9 7 が両者の間に接続されている。管路 9 7 上にはポンプ 9 8 が設けられている。気液分離器 8 8 にはベンゼン液量を検出する液面センサ 9 9 が設けられ、制御部 C 9 は液面センサ 9 9 の検出信号に基づきポンプ 9 8 を駆動し、気液分離器 8 8 内のベンゼン液量が設定量を超えないようにベンゼンを燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 へ送るようになっている。

【0 1 5 9】

ポンプ 1 8 4 は例えば流量制御弁 1 8 7 が開弁されるとほぼ同時に駆動される。すなわち、流量制御弁 1 8 7 が開弁されて気液分離器 8 8 へ供給される水素流出量を補うだけの水素を生成し得る量のシクロヘキサンを脱水素反応器 1 8 6 へ供給できる駆動速度でポンプ 1 8 4 は駆動される。なお、気液分離手段は、気液分離器 8 8、凝縮器 1 8 8、管路 9 2、9 7、ポンプ 9 8 等により構成される。

【0 1 6 0】

この実施形態によれば、前記第 2 の実施形態と同様に (1) ~ (4)、(8) の効果が得られる。さらに次の効果が得られる。

(1 2) ケミカルヒートポンプが一段であるが、ラジエータ 1 8 0 は約 2 0 0 ℃ のガス温度を下げるためのものでなので、8 0 ℃ の冷却水温を下げる従来構成に比べ排熱効率が高く、ラジエータ 1 8 0 を小型にすることができる。

【0 1 6 1】

(第 7 の実施形態)

次に第 7 の実施形態を図 1 4 に基づいて説明する。

この実施形態は、燃料電池システム F C S を自動車に搭載した例であり、自動車に回収保管した回収液を再利用する燃料リサイクルシステムに関するものである。

【0 1 6 2】

図 1 4 に示すように、車両としての自動車 2 0 0 には燃料電池システム F C S が搭載されている。自動車 2 0 0 は燃料電池 1 が発電した電力により走行用電動モータ（図示せず）を駆動して走行する。自動車 2 0 0 に搭載された燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 内の燃料は走行することにより消費され、その回収室 1 4 には燃料の脱水素反応後の反応生成液（回収液）が回収され保管される。

【0 1 6 3】

給油スタンド 2 1 0 で給油するときには燃料タンク 1 0 に繋いだ給油ホース 2 1 1 及び排油ホース 2 1 2 を経由してポンプ 2 1 3, 2 1 4 によって、燃料室 1 3 に燃料が給油されるとともに回収室 1 4 内の回収液が回収される。給油場所には給油スタンド 2 1 0 と管路 2 1 5, 2 1 6 で接続された燃料タンク 2 2 0 及び反応生成液タンク 2 3 0 が設置され、給油ホース 2 1 1 が燃料タンク 2 2 0 に接続されるとともに、排油ホース 2 1 2 が反応生成液タンク 2 3 0 に接続されている。燃料タンク 2 2 0 及び反応生成液タンク 2 3 0 はそれぞれ管路 2 1 7, 2 1 8 を通じて大型の水素化反応装置 2 4 0 に接続されている。水素化反応装置 2 4 0 は回収液を水素化反応させて燃料を再生する装置であって、その基本構造は前記第 1 ～ 第 3 の各実施形態における水素供給システムと同様である。

【0 1 6 4】

よって、給油する際に自動車 2 0 0 の燃料タンク 1 0 から排油ホース 2 1 2 を経由してポンプ 2 1 4 によって反応生成液タンク 2 3 0 に回収された回収液は、管路 2 1 8 を通じて水素化反応装置 2 4 0 に送られる。そして、水素化反応装置 2 4 0 では回収液の水素化反応が行われて燃料が再生される。水素化反応装置 2 4 0 で再生された燃料は管路 2 1 7 を通じて燃料タンク 2 2 0 に送られ、給油時に燃料として管路 2 1 5 及び給油ホース 2 1 1 を通じて自動車 2 0 0 に給油される。なお、水素化反応装置 2 4 0 は必ずしも給油場所に設置されている必要はなく、例えば遠方に設置された水素化反応装置 2 4 0 と各タンク 2 2 0, 2 3 0 がパイプラインを通じて接続されていてもよい。

【0 1 6 5】

この実施形態によれば次の効果が得られる。

(1 3) 燃料電池システム F C S を搭載した自動車 2 0 0 が CO_2 を排出しな

いとともに、自動車 2 0 0 から回収した回収液（反応生成液）を車外の水素化反応装置 2 4 0 により燃料に再生するリサイクルシステムを構築したときにも CO_2 を排出しない構成が可能である。よって、燃料リサイクルの系において CO_2 を一切排出しない（但し、第 4 の実施形態では回収液を燃焼させたときの微量の CO_2 は排出される）システムを提供できる。

【0 1 6 6】

（第 8 の実施形態）

次に第 8 の実施形態を図 1 5 に基づいて説明する。

本実施形態は、第 1 ～第 3 及び第 5 の実施形態の燃料電池システム F C S を自動車に搭載した場合に燃料電池システム F C S を好適に制御する制御方法に関するもので、特に自動車が走行停止して発電の必要が無くなったときにも、余熱を利用してエネルギー収支の成り立つ範囲内で水素生成または排熱利用による発電を継続する制御を行う。

【0 1 6 7】

前記第 7 の実施形態のように自動車 2 0 0 に搭載された燃料電池システム F C S においてその制御ユニット M C （図 1 4 に示す）にはマイクロコンピュータが内蔵され、そのメモリには、中央処理装置（C P U）により実行される図 1 5 のフローチャートで示される余熱運転制御プログラムデータが記憶されている。また、制御ユニットには自動車 2 0 0 の車速センサ 2 0 1 と電氣的に接続されている（図 1 4 に示す）。なお、制御ユニット M C、車速センサ 2 0 1 及び余熱運転に使用される各種機器により、余熱運転制御手段が構成される。

【0 1 6 8】

自動車 2 0 0 に設けられたスタートキーがオンされた運転状態において、自動車の電気系統で電力消費が検出されるなどして発電の必要があると判断されたときには、燃料電池システム F C S の発電が指令される。そして、車速センサなどにより走行停止が検出されて発電の必要が無くなったときに C P U は図 1 5 のプログラムを実行する。なお、前記第 3 の実施形態では発電機があるため余熱発電した電力をバッテリーに充電する。また、第 1 及び第 2 の実施形態では発電機を備えないので、余熱運転により水素の生成および燃料の再生を行う。

【0 1 6 9】

以下、図 1 5 のフローチャートに基づき余熱運転制御について説明する。

まずステップ（以下、単に S と記す）1 0 では、車両停止か否かを判断する。車両停止と判断されなければ当ルーチンを終了し、車両停止と判断されると S 2 0 に進む。

【0 1 7 0】

S 2 0 では、燃料電池への水素供給を停止する。すなわち燃料電池への水素の供給を制御する流量制御弁（M F C）を閉弁させる。このとき温度制御用のヒータも全てオフにする。

【0 1 7 1】

次の S 3 0 では、燃料電池温度が設定温度以上であるか否かを判断する。すなわち、燃料電池 1 に設けられた温度センサ、あるいは燃料電池冷却系の水素化反応器に設けられた温度センサ、さらに水素生成系の脱水素反応器の温度を検出するための温度センサのうち少なくともいずれか 1 つからの入力値に基づいて、水素生成、燃料再生、排熱発電において余熱利用可能な温度域にあるかどうかを判断する。設定温度は余熱利用可能な温度域の下限温度に設定されている。ケミカルヒートポンプを多段に備える場合でも高温側ケミカルヒートポンプが発熱するかどうかは燃料電池 1 の廃熱温度次第なので、余熱利用可能であるかどうかは燃料電池 1 の温度をみれば分かる。そのため、高温側ケミカルヒートポンプに設けられた温度センサの検出値を使う場合も、その検出値に基づき燃料電池 1 の温度が余熱利用可能な温度であるかどうかを間接的に判断することになる。そして、燃料電池温度が設定温度以上であれば S 4 0 に進み、燃料電池温度が設定温度以上でなければ S 5 0 に進む。

【0 1 7 2】

S 4 0 では、水素供給システムの余熱運転を継続する制御をする。すなわち、燃料電池 1 の発電を停止した状態で、水素生成系、燃料再生系、排熱発電系のうち各実施形態に応じた所定の系の運転を継続させるように、燃料供給用のポンプや水素供給用の圧縮機などの必要な機器を制御する。

【0 1 7 3】

そして、燃料電池温度が設定温度未満になると、S 5 0において、水素供給システムの運転を停止させる。なお、エネルギー収支が成り立たない温度範囲であっても、燃料電池 1 を冷却する必要があるときは少なくとも冷却系については別途運転を継続する。

【0 1 7 4】

よって、この実施形態によれば次の効果が得られる。

(1 4) 自動車 2 0 0 が走行停止して発電を停止したときは、水素生成、燃料再生、排熱発電のうち各燃料電池システム構成に応じた少なくとも 1 つを、余熱を利用して継続運転させる。このため、余熱を利用して電力や電力の元となる水素や燃料を生成するので、余熱の有効利用により燃料電池システム F C S の発電効率を高めることができる。また、排熱発電や燃料の再生により燃料単位当たりの走行距離を延ばすことができる。

(第 9 の実施形態)

次に第 9 の実施形態を図 1 6, 図 1 7 に基づいて説明する。

【0 1 7 5】

この実施形態は、第 7 の実施形態と同様、燃料のリサイクルシステムに関するもので、その燃料リサイクルに使用される各設備や輸送手段などの電源にも燃料電池が使用される。

【0 1 7 6】

自動車や自家発電装置などで使用済み燃料として保管された回収液（脱水素反応生成物）を、天然ガスや石油など資源が豊富で水素の製造コストが比較的安価な海外などに輸送し、海外で回収液を水素化することにより燃料を製造（再生）し、海外から国内に輸送したその燃料を、国内の自動車や自家発電装置などで使用する大規模なリサイクルシステムを構築する。

【0 1 7 7】

このリサイクルシステムは、図 1 6, 図 1 7 に示す主に 9 つに区分される。

- ①自動車 2 0 0 が走行する最終コース
- ②自動車 2 0 0 が給油をするための給油設備 2 5 0 のあるスタンド
- ③スタンドと港との間をタンクローリ 2 6 0 で輸送する陸上輸送

- ④回収液や燃料を一時ストックするための貯蔵設備 2 7 0 のある港
- ⑤タンカー 2 8 0 を使って回収液や燃料を輸送する海上輸送
- ⑥海外における天然ガスや石油などの天然資源の採掘
- ⑦採掘された天然資源を輸送するためのパイプライン
- ⑧天然資源の改質や発電所の電力による水の電気分解を使った水素生成工程
- ⑨タンカー 2 8 0 が運び入れた回収液から燃料を再生する水素化工程

自動車 2 0 0、液体運搬用移動体としてのタンクローリ 2 6 0 及びタンカー 2 8 0 はいずれも燃料電池システム（但し、ここではタンクを除く部分）2 0 2、2 6 1、2 8 1 を搭載し、燃料電池を電源とする電動アクチュエータ（図示絵せず）の動力により動く。また、給油設備 2 5 0、貯蔵設備 2 7 0 および燃料再生手段としての水素化設備 2 9 0 には燃料電池システム（但し、タンクを除く部分）2 5 1、2 7 1、2 9 1 が設置され、各設備 2 5 0、2 7 0、2 9 0 で必要な電力は燃料電池でまかなう。そして、タンクローリ 2 6 0、タンカー 2 8 0、給油設備 2 5 0、貯蔵設備 2 7 0 および水素化設備 2 9 0 に回収液と燃料の輸送や貯蔵を目的として配備されているタンク 2 6 2、2 8 2、2 5 2、2 7 2、2 9 2 には、燃料室 1 3 と回収室 1 4 が可動仕切 2 6 3、2 8 3、2 5 3、2 7 3、2 9 3 で区画された可動仕切りタンクが使用されている。各輸送用移動体 2 6 0、2 8 0 および各設備 2 5 0、2 7 0、2 9 0 に配備された燃料電池システム 2 6 1、2 8 1、2 5 1、2 7 1、2 9 1 は、タンク 2 6 2、2 8 2、2 5 2、2 7 2、2 9 2 の燃料室 1 3 に貯蔵された燃料の一部を発電に必要な水素生成用燃料として使用し、燃料使用後の回収液をタンク 2 6 2、2 8 2、2 5 2、2 7 2、2 9 2 の回収室 1 4 に保管する方式を採用する。すなわち、本来、燃料と回収液の輸送や貯蔵を目的として輸送用移動体 2 6 0、2 8 0 や設備 2 5 0、2 7 0、2 9 0 に備え付けられたタンク 2 6 2、2 8 2、2 5 2、2 7 2、2 9 2 中の燃料を、その輸送用移動体 2 6 0、2 8 0 や設備 2 5 0、2 7 0、2 9 0 に電源装置として配備された燃料電池システム 2 6 1、2 8 1、2 5 1、2 7 1、2 9 1 での発電に一部利用するとともに、その発電に利用された燃料の消費によって生成された反応生成物（回収液）をタンク 2 6 2、2 8 2、2 5 2、2 7 2、2 9 2 に保管する。つまり、輸送や貯蔵用の備え付けタンクを、燃料電池システム

2 6 1, 2 8 1, 2 5 1, 2 7 1, 2 9 1 の燃料タンクとして流用している。

【0 1 7 8】

自動車 2 0 0、輸送用移動体 2 6 0, 2 8 0 および設備 2 5 0, 2 7 0, 2 9 0 に配備された燃料電池システム 2 6 1, 2 8 1, 2 5 1, 2 7 1, 2 9 1 は、自動車 2 0 0 以外のものが備え付けタンクを流用する構成を採る点を除き、前記各実施形態で述べたものと基本構成は同じである。

【0 1 7 9】

自動車 2 0 0 は燃料電池システム 2 0 2 と燃料タンク 1 0 を搭載する。燃料タンク 1 0 は例えばタンク 1 0 内が隔膜からなる可動仕切 2 0 3 によって二室 1 3, 1 4 に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切 2 0 3 の変形によって二室 1 3, 1 4 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。

【0 1 8 0】

給油設備 2 5 0 に設置された給油スタンド 2 1 0 は、地下に設置されたタンク 2 5 2 の二室 1 3, 1 4 と配管を通じて接続された二組のポンプ 2 5 4, 2 5 5, 2 5 6, 2 5 7 を備える。タンク 2 5 2 は例えば可動仕切 2 5 3 に隔膜を使用する隔膜式タンクである。自動車 2 0 0 に給油をするときは、給油ホース 2 1 1 を通じてタンク 2 5 2 の燃料室 1 3 から燃料が自動車 2 0 0 の燃料タンク 1 0 の燃料室 1 3 にポンプ 2 5 4 の駆動によって給油されるとともに、排油ホース 2 1 2 を通じて自動車 2 0 0 の燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 の回収液がタンク 2 5 2 の回収室 1 4 にポンプ 2 5 5 の駆動によって回収される。また、燃料電池システム 2 5 1 はタンク 2 5 2 の二室 1 3, 1 4 と配管を通じて接続されており、タンク 2 5 2 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 2 5 2 の回収室 1 4 に保管する。

【0 1 8 1】

タンクローリ 2 6 0 は、燃料電池システム 2 6 1 と液体運搬用タンクとしてのタンク 2 6 2 を搭載し、燃料電池システム 2 6 1 はタンク 2 6 2 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 2 6 2 の回収室 1 4 に保管する。タンク 2 6 2 は例えばタンク 2 6 2 内がピストンからなる可動仕切 2 6 3 によって二室 1 3, 1 4 に区画されたピストン式タン

クであって、可動仕切 2 6 3 の移動によって二室 1 3, 1 4 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。タンクローリ 2 6 0 は給油設備 2 5 0 と貯蔵設備 2 7 0 との間を走行して燃料と回収液の陸上輸送を担当する。タンクローリ 2 6 0 が貯蔵設備 2 7 0 から給油設備 2 5 0 に輸送した燃料は、タンク 2 6 2 の燃料室 1 3 から給油ホース 2 5 8 を通じてポンプ 2 5 7 の駆動によってタンク 2 5 2 の燃料室 1 3 に供給されるとともに、タンク 2 5 2 の回収室 1 4 内の回収液がポンプ 2 5 6 の駆動によって排油ホース 2 5 9 を通じてタンク 2 6 2 の回収室 1 4 へ回収される。

【0 1 8 2】

貯蔵設備 2 7 0 は、タンク 2 7 2 と燃料電池システム 2 7 1 と、給油スタンド 2 7 4 と回収スタンド 2 7 5 とを備える。タンク 2 7 2 は例えば 2 つの伸縮式容器 2 7 2 a, 2 7 2 b が上下二段に接合された構造で、その接合部分からなる可動仕切 2 7 3 によって二室 1 3, 1 4 に区画された二段伸縮式タンクであって、可動仕切 2 7 3 の移動によって二室 1 3, 1 4 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。燃料電池システム 2 7 1 および各スタンド 2 7 4, 2 7 5 は、タンク 2 7 2 の二室 1 3, 1 4 と配管を通じて接続されている。燃料電池システム 2 7 1 はタンク 2 7 2 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 2 7 2 の回収室 1 4 に保管する。

【0 1 8 3】

タンクローリ 2 6 0 が給油設備 2 5 0 から港へ運んだ回収液は、貯蔵設備 2 7 0 のタンク 2 7 2 の回収室 1 4 へポンプ 2 7 6 の駆動によって回収されるとともに、タンク 2 7 2 の燃料室 1 3 からポンプ 2 7 7 の駆動によってタンクローリ 2 6 0 の燃料室 1 3 へ燃料が給油されるようになっている。

【0 1 8 4】

タンカー 2 8 0 は、燃料電池システム 2 8 1 と液体運搬用タンクとしてのタンク 2 8 2 を搭載し、燃料電池システム 2 8 1 はタンク 2 8 2 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 2 8 2 の回収室 1 4 に保管する。タンク 2 8 2 は例えば隔膜からなる可動仕切 2 8 3 によって二室 1 3, 1 4 に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切 2 8 3 の

変形によって二室 1 3, 1 4 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。タンカー 2 8 0 は貯蔵設備 2 7 0 のある港と、水素化設備 2 9 0 のある港との間を航行し、燃料と回収液の海上輸送を担当する。タンカー 2 8 0 が水素化設備 2 9 0 から貯蔵設備 2 7 0 に海上輸送した燃料は、タンク 2 8 2 の燃料室 1 3 から給油ホース 2 8 4 を通じてポンプ 2 7 8 の駆動によってタンク 2 7 2 の燃料室 1 3 に供給されるとともに、タンク 2 7 2 の回収室 1 4 内の回収液がポンプ 2 7 9 の駆動によって排油ホース 2 8 5 を通じてタンク 2 8 2 の回収室 1 4 へ回収される。

【0 1 8 5】

図 1 7 に示すように水素化設備 2 9 0 は、燃料電池システム 2 9 1 と、タンク 2 9 2 と、水素化装置 2 9 4 と給油スタンド 2 9 5 とを備える。タンク 2 9 2 は例えば隔膜からなる可動仕切 2 9 3 によって二室 1 3, 1 4 に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切 2 9 3 の変形によって二室 1 3, 1 4 の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。燃料電池システム 2 9 1、水素化装置 2 9 4 および給油スタンド 2 9 5 は、タンク 2 9 2 の二室 1 3, 1 4 と配管を通じて接続されている。タンカー 2 8 0 が貯蔵設備 2 7 0 から水素化設備 2 9 0 へ海上輸送した回収液は、タンク 2 8 2 の回収室 1 4 から給油ホース 2 9 6 を通じてポンプ 2 9 7 の駆動によってタンク 2 9 2 の回収室 1 4 に回収されるとともに、タンク 2 9 2 の燃料室 1 3 内の燃料がポンプ 2 9 8 の駆動によって排油ホース 2 9 9 を通じてタンク 2 8 2 の燃料室 1 3 へ供給される。

【0 1 8 6】

水素化装置 2 9 4 は水素化反応器を備えた設備で、タンク 2 9 2 の回収室 1 4 に貯蔵された回収液（脱水素反応生成物）の水素化反応によって燃料を再生する。水素化反応により生成された燃料はタンク 2 9 2 の燃料室 1 3 に保管される。燃料電池システム 2 9 1 はタンク 2 9 2 に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク 2 9 2 の回収室 1 4 に保管する。

【0 1 8 7】

水素化装置 2 9 4 に水素を供給する設備には、メタンやメタノールの改質（例

えば水蒸気改質)により水素を生成する改質装置 3 0 0 や、原子力発電所 3 1 0 の電力を利用して水の電気分解により水素を製造する電気分解装置 3 2 0 などがある。採掘機 3 3 0 により採掘された天然ガスや石油から精製装置(プラント) 3 4 0 により精製されたメタンやメタノールはパイプライン 3 5 0 を通じて港近くのタンク 3 6 0 へパイプ輸送される。そして改質装置 3 0 0 ではタンク 3 6 0 から供給されるメタンやメタノールを原料に使ってそれを改質することによって水素を製造する。

【0 1 8 8】

よって、この燃料のリサイクルシステムによれば、国内を走行する自動車 2 0 0 が燃料の消費によって燃料タンク 1 0 に回収保管した回収液を、給油設備 2 5 0 に回収する。そして給油設備 2 5 0 に回収した回収液を、タンクローリ 2 6 0 を利用した陸上輸送、およびタンカー 2 8 0 を利用した海上輸送により海外など水素の製造コストが比較的安価な場所まで輸送し、その輸送先で天然資源から比較的安価に製造された水素を使って水素化設備 2 9 0 により回収液から燃料を再生する。

【0 1 8 9】

そして、陸上輸送や海上輸送に輸送用移動体として使用されるタンクローリ 2 6 0 やタンカー 2 8 0 も、燃料電池システム 2 6 1, 2 8 1 を電源として電動アクチュエータの動力によって動き、しかも輸送用のタンク 2 6 2, 2 8 2 に貯蔵された燃料を使って発電をするとともに、燃料使用済みの回収液をタンク 2 6 2, 2 8 2 に回収する。

【0 1 9 0】

また、各設備 2 5 0, 2 7 0, 2 9 0 では、設備に必要な電力をタンク 2 5 2, 2 7 2, 2 9 2 に貯蔵された燃料を使った燃料電池システム 2 5 1, 2 7 1, 2 9 1 による発電によってまかなうとともに、発電のため消費した燃料の使用済みの回収液はタンク 2 5 2, 2 7 2, 2 9 2 に保管される。例えばポンプ類や照明などに必要な電力は全て燃料電池システム 2 5 1, 2 7 1, 2 9 1 の発電によりまかなわれる。

【0 1 9 1】

以上詳述したように本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

(15) 燃料リサイクルのための輸送に使用されるタンクローリ 260 やタンカー 280 は搭載した燃料電池システム 261, 281 による発電により駆動し、しかも輸送用のタンク 262, 282 に貯蔵された燃料の一部を使用して発電するとともに、燃料の消費によって生成された回収液をタンク 262, 282 に回収保管する。よって、輸送(運搬)用のタンク 262, 282 を流用し、燃料電池システム 261, 281 のための専用タンクを備えないので、小型化を図ることができる。また、タンク 262, 282 は可動仕切式タンクであるので、容積を小さくすることができ、タンク 262, 282 を小型にすることができ、しかも二室に区画する割に多量の燃料や回収液を運搬することができる。

【0192】

(16) 設備 250, 270, 290 に設置されたタンク 252, 272, 292 に貯蔵された燃料を使って燃料電池システム 251, 271, 291 による発電を行って設備 250, 270, 290 において照明等の必要な電力をまかなうとともに、燃料の消費によって生成された回収液をタンク 252, 272, 292 に回収保管する。よって、貯蔵用のタンク 252, 272, 292 を流用し、燃料電池システム 251, 271, 291 のための専用タンクを備えないので、設備 250, 270, 290 に自家発電装置を採用した場合に小型化を図ることができる。また、タンク 252, 272, 292 は可動仕切式タンクであるので、容積を小さくすることができ、タンク 252, 272, 292 を小型にすることができる。

【0193】

(17) 燃料リサイクルシステムにおいて必要な電力は全て燃料の脱水素反応を利用した燃料電池システム FCS を使用し、回収液から燃料を再生するのに使用する水素の生成のための設備においても炭酸ガスを排出しないシステムを採用することも可能で、リサイクルシステム全体において炭酸ガスを排出しない環境に好ましいシステムを提供できる。

【0194】

なお、実施形態は上記に限定されず、例えば次の形態でも実施できる。

○ 燃料タンクの構成は、前記各実施形態に限定されない。例えば図 1 6 に示す燃料タンク 4 1 0 は、2 つの伸縮式容器 4 1 1, 4 1 2 を上下二段に配置して接合させた構成をとる。2 つの伸縮式容器 4 1 1, 4 1 2 の各内部に燃料室 1 3 と回収室 1 4 が形成される。2 つの伸縮式容器 4 1 1, 4 1 2 の接合部 4 1 3 が可動仕切となる。回収室 1 4 の液体はチューブ 4 1 4 を通じて排出される。

【0 1 9 5】

また図 1 7 に示す燃料タンク 4 2 0 は、タンク 4 2 1 の内部にピストン 4 2 2 をその外周面がシール部材 4 2 3 により液密状態にシールされた状態で移動可能に收容し、ピストン 4 2 2 の両側にできる二室を燃料室 1 3 と回収室 1 4 とする。ピストン 4 2 2 が可動仕切となる。これらの構成によれば、燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように可動仕切としての接合部 4 1 3 やピストン 4 2 2 が自律的に移動するので、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、その貯蔵容積が小さく済む。なお、燃料タンク 4 1 0, 4 2 0 は、燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段をそれぞれ構成する。接合部 4 1 3、ピストン 4 2 2 は可動仕切をそれぞれ構成する。

【0 1 9 6】

○ 燃料として使用する有機系化合物は、上記各実施形態に限定されない。脱水素反を起こす含水素有機系化合物を広く使用できる。また、燃料及び回収液（反応生成物）は常温で液体であることが好ましいが、必ずしも常温で液体である必要はない。例えば常温で固体であっても例えば 1 0 0 °C 以下の温度での加温により液体になったり、常温で気体であっても例えば - 1 0 °C 以上の温度での冷却により液体になるものであってもよい。例えばアルコール類で脱水素反応によりケトン類と水素に分離するもの、飽和炭化水素で脱水素反応により不飽和炭化水素と水素に分離するもの、環状飽和炭化水素類で脱水素反応により芳香族炭化水素等の環状不飽和炭化水素と水素に分離するものなどが挙げられる。

【0 1 9 7】

○ 第 1 ~ 第 3 の実施形態では、第 2 のケミカルヒートポンプを構築したが、水素化反応器を無くし、第 2 のケミカルヒートポンプでない構成を採ることもできる。燃料電池の廃熱を脱水素反応の熱源に利用することはできる。

【0 1 9 8】

○ 第 1, 第 2 の実施形態のように第 2 のケミカルヒートポンプを構築するシステムにおいては、排熱手段はラジエータ構造に限らず、発電手段を採用することができる。例えば発電用熱機関を駆動するのに必要な水蒸気を作ることができる温度まで昇温可能であれば、熱機関式の発電機を使用し、比較的低温（例えば 200℃以下）の昇温しかできない場合は、熱発電素子を使用するとよい。

【0 1 9 9】

○ 排熱利用の熱機関の動力は発電以外の利用も可能である。例えば補器の駆動などに利用してもよい。

○ 各実施形態において、水素をタンク内に蓄えるのに替えて、水素吸蔵合金を使用することもできる。水素吸蔵合金は燃料から分離した水素を一時保管するために蓄えるだけなので少量で済み、システムの重量負担にならない。

【0 2 0 0】

○ 燃料の脱水素反応温度まで昇温させるのに使う第 1 のケミカルヒートポンプは、炭化水素系化合物を使用するものに限定されない。また、水素化脱水素反応系のものにも限定されない。ケミカルヒートポンプを構成できる公知の他の化合物を使用できる。但し、流体系のケミカルヒートポンプが好ましい。

【0 2 0 1】

○ 燃料電池の廃熱をケミカルヒートポンプによって燃料の脱水素反応温度まで昇温できない場合は、残りの昇温のために機械式ヒートポンプやヒータを併用してもよい。

【0 2 0 2】

○ ケミカルヒートポンプの段数は 1 段や 2 段に限定されない。3 段以上の複数段にケミカルヒートポンプを構築することができる。例えば 3 段以上のケミカルヒートポンプを構築する場合、燃料の脱水素反応を吸熱部にもつケミカルヒートポンプは最高温度段である必要は必ずしもない。例えば燃料の脱水素反応を吸熱部にもつケミカルヒートポンプに対しさらに高温側のケミカルヒートポンプを構築し、例えば排熱の有効利用を図ってもよい。

【0 2 0 3】

○ 第 4 の実施形態において、燃料をシクロヘキサンやメチルシクロヘキサンとし、回収液のベンゼンやトルエンをバーナで燃料させてその燃焼熱を脱水素反応器の熱源とすることもできる。バーナによる脱水素反応器の加熱温度はこの種の燃料の脱水素反応温度（約 2 0 0℃）に設定する。

【 0 2 0 4 】

○ 前記各実施形態において脱水素反応器を燃料電池に組み込んだが、脱水素反応器は燃料電池の外部に設けてもよい。

○ 各実施形態では、燃料の消費による燃料の増量と回収液の減量とをバランスさせるように自律的に移動する可動仕切によって燃料室と回収室とに区画された燃料タンクを使用した。伸縮式容器内蔵式（図 3）、隔膜式（図 1 1）、伸縮式容器二段式（図 1 6）、ピストン式（図 1 7）以外の構造をとるものであってもよい。また自律式ではなく他律的に可動仕切が移動制御されるものであってもよい。さらに燃料を貯蔵保管するタンクと回収液を貯蔵保管するタンクを別個に設けた構成でも構わない。また、タンクローリ 2 6 0 やタンカー 2 8 0 に搭載される輸送用（運搬用）のタンク 2 6 2、2 8 2 内の二室の容積変化は、自律式の可動仕切によるものに限定されず、例えば電動式の可動仕切によるものであっても構わない。

【 0 2 0 5 】

○ 燃料電池システムは車両電源用や家庭用自家発電装置用の用途に限定されない。燃料電池が使用されるあらゆるものを対象に水素供給システムを採用できる。

【 0 2 0 6 】

前記実施形態及び別例から把握できる請求項以外の技術的思想を、以下に記載する。

（1）請求項 1 ～ 1 5 のいずれかにおいて、前記燃料は、常温で液体の形態をとる炭化水素系化合物からなり、前記反応生成物は常温で液体の形態をとる炭化水素系化合物からなる。

【 0 2 0 7 】

（2）請求項 1 2 において、前記発電手段は熱発電素子である。低温の廃熱を

利用して発電できる。

(3) 請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項の水素供給システムを搭載した車両。

【0 2 0 8】

(4) 請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項の水素供給システムを備えた自家発電装置。

【0 2 0 9】

【発明の効果】

以上詳述したように請求項 1 に記載の発明によれば、燃料の脱水素反応で得た水素を燃料電池に供給するとともに、反応生成物を液体で回収保管するので、取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システムを提供することができる。

【0 2 1 0】

請求項 2 及び 3 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明の効果に加え、燃料の消費により燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできた空間に、回収液貯蔵手段は回収液の増加により容積を増加させるため、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、燃料と回収液の貯蔵容積を比較的小さくすることができる。

【0 2 1 1】

請求項 4 に記載の発明によれば、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、回収液を燃焼手段により燃焼させたその燃焼熱を、脱水素反応器の熱源あるいは低温起動時の補助熱源に利用するので、回収液を有効利用できる。

【0 2 1 2】

請求項 5 に記載の発明によれば、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、燃料電池の廃熱を燃料の脱水素反応の熱源に利用するので、燃料電池の廃熱を燃料の脱水素反応に有効利用できるとともに、脱水素反応の吸熱によって燃料電池の排熱効率を高めることができる。

【0 2 1 3】

請求項 6 に記載の発明によれば、請求項 5 に記載の発明の効果に加え、燃料電池の作動温度より高い脱水素反応温度で脱水素反応が進む燃料を使用する場合で

も、少なくとも一段設けられた第 1 のケミカルヒートポンプにより燃料電池の廃熱が脱水素反応温度まで昇温されるので、燃料電池の廃熱を脱水素反応の熱源として利用することができる。

【0 2 1 4】

請求項 7 に記載の発明によれば、請求項 5 又は 6 に記載の発明の効果に加え、脱水素水素化反応系の第 2 のケミカルヒートポンプによって、燃料電池の廃熱はさらに昇温されてから高温で排熱されるので、その排熱効率を高められるとともに、反応生成物から燃料を再生して燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0 2 1 5】

請求項 8 に記載の発明によれば、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、燃料電池の廃熱を少なくとも一段のケミカルヒートポンプにより昇温してから高温で排熱されるので、排熱効率を高めることができる。例えば排熱手段としてラジエータを使用する構成では、ラジエータを小型化することができる。

【0 2 1 6】

請求項 9 に記載の発明によれば、請求項 8 に記載の発明の効果に加え、脱水素反応手段をケミカルヒートポンプに利用して、燃料電池の廃熱を昇温させ、廃熱効果を高めるとともに、ケミカルヒートポンプの発熱側の水素化反応により反応生成物から燃料を再生でき、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0 2 1 7】

請求項 1 0 に記載の発明によれば、請求項 6 ～ 9 のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプの吸熱反応手段が前記燃料電池に内蔵されているので、燃料電池の冷却効果を高めることができる。

【0 2 1 8】

請求項 1 1 に記載の発明によれば、請求項 1 0 に記載の発明の効果に加え、脱水素反応手段はその反応通路がセパレータの燃料極面と空気極面との間を通るよ

うにセパレータと一体的に設けられているので、燃料電池に比較的にコンパクトに内蔵できるとともに燃料電池からの吸熱効率を高めることもできる。

【0 2 1 9】

請求項 1 2 及び 1 3 に記載の発明によれば、請求項 7 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をするので、燃料単位当たりの発電効果を高めることができる。

【0 2 2 0】

請求項 1 4 に記載の発明によれば、請求項 1 3 に記載の発明の効果に加え、熱機関がスクロール式膨張機であるので、回転数の高低にかかわらず高い機械効率を得ることができる。

【0 2 2 1】

請求項 1 5 に記載の発明によれば、請求項 7、1 0 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、車載用として使用した場合、走行終了後、燃料電池への水素供給を止めて、脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転するので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0 2 2 2】

請求項 1 6 及び 1 7 に記載の発明によれば、燃料電池用水素供給システムから外部へ回収した回収液を運搬し、運搬先で回収液の水素化反応により再生した燃料を運搬し、燃料電池用水素供給システムで利用する燃料リサイクル方法なので、水素製造工程に炭酸ガスを発生しない方法を採用すれば、燃料リサイクルの過程においても炭酸ガスをまったく排出しないシステムを構築できる。

【0 2 2 3】

請求項 1 8 に記載の発明によれば、燃料リサイクルに使用される液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクは、可動仕切が燃料室と回収室との二室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する構造なので、液体運搬用タンクを運搬すべき液量の割に小型にすることができる。

【0 2 2 4】

請求項 1 9 に記載の発明によれば、燃料リサイクルに使用される給油設備が備

えるタンクは、可動仕切が燃料室と回収室との二室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する構造なので、タンクを貯蔵すべき液量の割に小型にすることができる。

【0 2 2 5】

請求項 2 0 に記載の発明によれば、液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクの二室は、水素生成用の燃料と回収液の貯蔵室を兼ねるので、燃料電池用水素供給システム専用のタンクを廃止でき、しかもその二室の容積が可動仕切によって変化するので、タンクを二室に区画する割に燃料と回収液を多量に運搬することができる。

【0 2 2 6】

請求項 2 1 に記載の発明によれば、車両に回収保管された回収液を、車外での水素化反応により燃料に再生してリサイクル使用するので、炭酸ガスをまったく排出しない燃料のリサイクルシステムを構築することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図 2】 燃料電池のセルを示す分解斜視図。

【図 3】 燃料タンクの側断面図。

【図 4】 第 2 の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図 5】 燃料電池のセルを示す模式側面図。

【図 6】 脱水素反応器の模式平面図。

【図 7】 図 5 と異なる燃料電池のセルを示す模式側面図。

【図 8】 脱水素反応器を構成するセパレータ部品の模式平面図。

【図 9】 第 3 の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図 1 0】 第 4 の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図 1 1】 燃料タンクの側断面図。

【図 1 2】 第 5 の実施形態における熱発電素子を示す模式側面図。

【図 1 3】 第 6 の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。

【図 1 4】 第 7 の実施形態における燃料電池システムの燃料リサイクルシステムを示す模式図。

【図 1 5】 第 8 の実施形態における余熱運転制御を示すフローチャート。

【図 1 6】 第 9 の実施形態における燃料リサイクルシステムの部分模式図

【図 1 7】 同じく燃料リサイクルシステムの部分模式図。

【図 1 8】 別例の燃料タンクの側断面図。

【図 1 9】 図 1 8 と異なる別例の燃料タンクの側断面図。

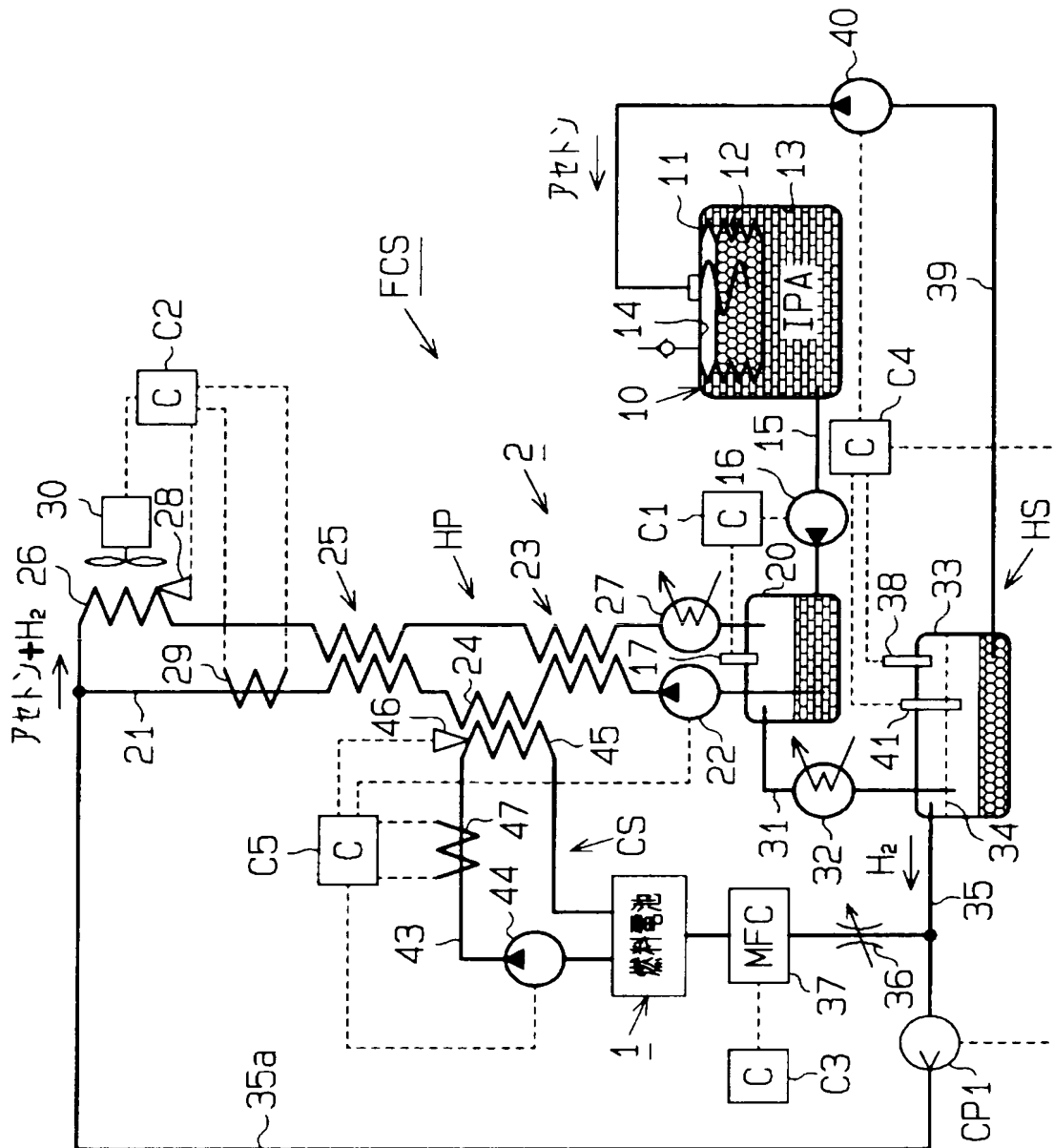
【符号の説明】

1 …燃料電池、2 …水素供給システム、3 …セパレータ、3 a, 3 b, 3 c, 3 d …セパレータを構成するセパレータ部品、1 0 …燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク、1 2 …可動仕切としての伸縮式容器、2 4, 7 7, 1 0 6, 1 4 5, 1 8 6 …脱水素反応手段としての脱水素反応器、2 0 …気液分離手段を構成する補助タンク、2 7, 3 2 …気液分離手段を構成する凝縮器、3 4 …気液分離手段を構成する水素分離膜、5 4 …吸熱反応手段としての脱水素反応器、6 3 …反応通路としてのチューブ、6 9 …反応通路としての反応管路、8 7, 9 2, 9 7 …気液分離手段を構成する管路、9 0 …気液分離手段を構成する凝縮器、8 8 …気液分離手段を構成する気液分離器、9 1 …気液分離手段を構成する水素分離膜、9 8 …気液分離手段を構成するポンプ、1 1 0, 1 2 0 …気液分離手段を構成する凝縮器、1 0 8 …気液分離手段を構成する気液分離器、1 0 1 …気液分離手段を構成する補助タンク、1 1 0 …気液分離手段を構成する水素分離膜、1 1 1, 1 2 6 …気液分離手段を構成する管路、1 2 8 …気液分離手段を構成するポンプ、1 1 7 …排熱手段及び発電手段を構成する水素化反応器、1 3 0 …排熱手段及び発電手段を構成するタンク、1 3 1 …排熱手段及び発電手段を構成する循環管路、1 3 2 …排熱手段及び発電手段を構成するポンプ、1 3 3 …排熱手段及び発電手段を構成する水蒸気発生器、1 3 4 …排熱手段及び発電手段を構成するスクロール式膨張機、1 3 5 …排熱手段及び発電手段を構成する凝縮器、1 3 4 …排熱手段及び発電手段を構成するとともに熱機関としてのスクロール式膨張機、1 3 6 …排熱手段及び発電手段を構成する発電機、1 4 0 …気液分離手段を構成する燃料タンク、1 4 6, 1 5 3 …気液分離手段を構成する凝縮器、1 4 7, 1 5 2 …気液分離手段を構成する気液分離器、1 5 1, 1 5 2,

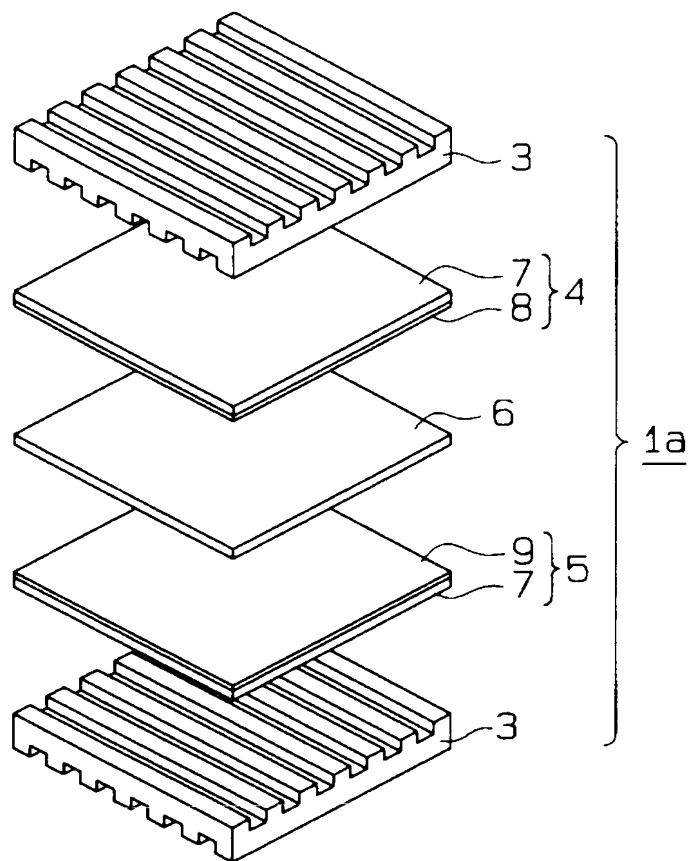
1 5 6 …気液分離手段を構成する管路、1 5 5 …気液分離手段を構成する水素分離膜、1 6 1 …燃焼手段としてのバーナ、1 7 1 …発電手段としての熱発電素子、8 8 …気液分離手段を構成する気液分離器、1 8 8 …気液分離手段を構成する凝縮器、9 2, 9 7 …気液分離手段を構成する管路、9 8 …気液分離手段を構成するポンプ、2 0 0 …燃料リサイクルシステムを構成する自動車、2 1 0 …燃料リサイクルシステム及び燃料給油手段を構成する給油スタンド、2 2 0 …燃料リサイクルシステム及び燃料給油手段を構成する燃料タンク、2 3 0 …燃料リサイクルシステムを構成するとともに車外回収手段としての反応生成液タンク、2 4 0 …燃料リサイクルシステムを構成するとともに燃料再生手段としての水素化反応装置、2 5 0 …給油設備、2 5 2 …タンク、2 6 0 …液体運搬用移動体としてのタンクローリ、2 6 2 …液体運搬用タンクとしてのタンク、2 8 0 …液体運搬用移動体としてのタンカー、2 8 2 …液体運搬用タンクとしてのタンク、2 9 0 …燃料再生手段としての水素化設備、2 5 1, 2 6 1, 2 7 1, 2 8 1, 2 9 1 …燃料電池システム、2 7 2, 2 9 2 …タンク、1 4 0, 4 1 0, 4 2 0 …燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク、1 4 2 …可動仕切としての隔膜、4 1 3 …可動仕切としての接合部、4 2 2 …可動仕切としてのピストン、F C S …燃料電池システム。

【書類名】 図面

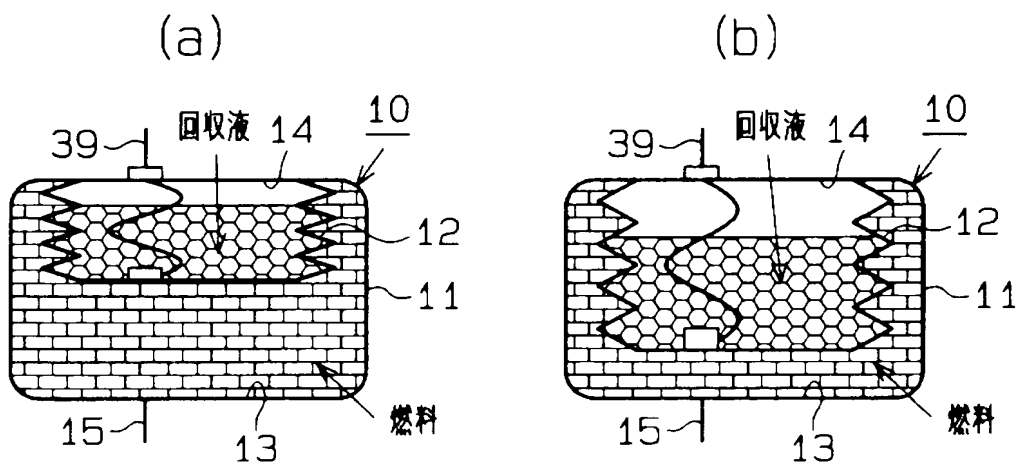
【図 1】



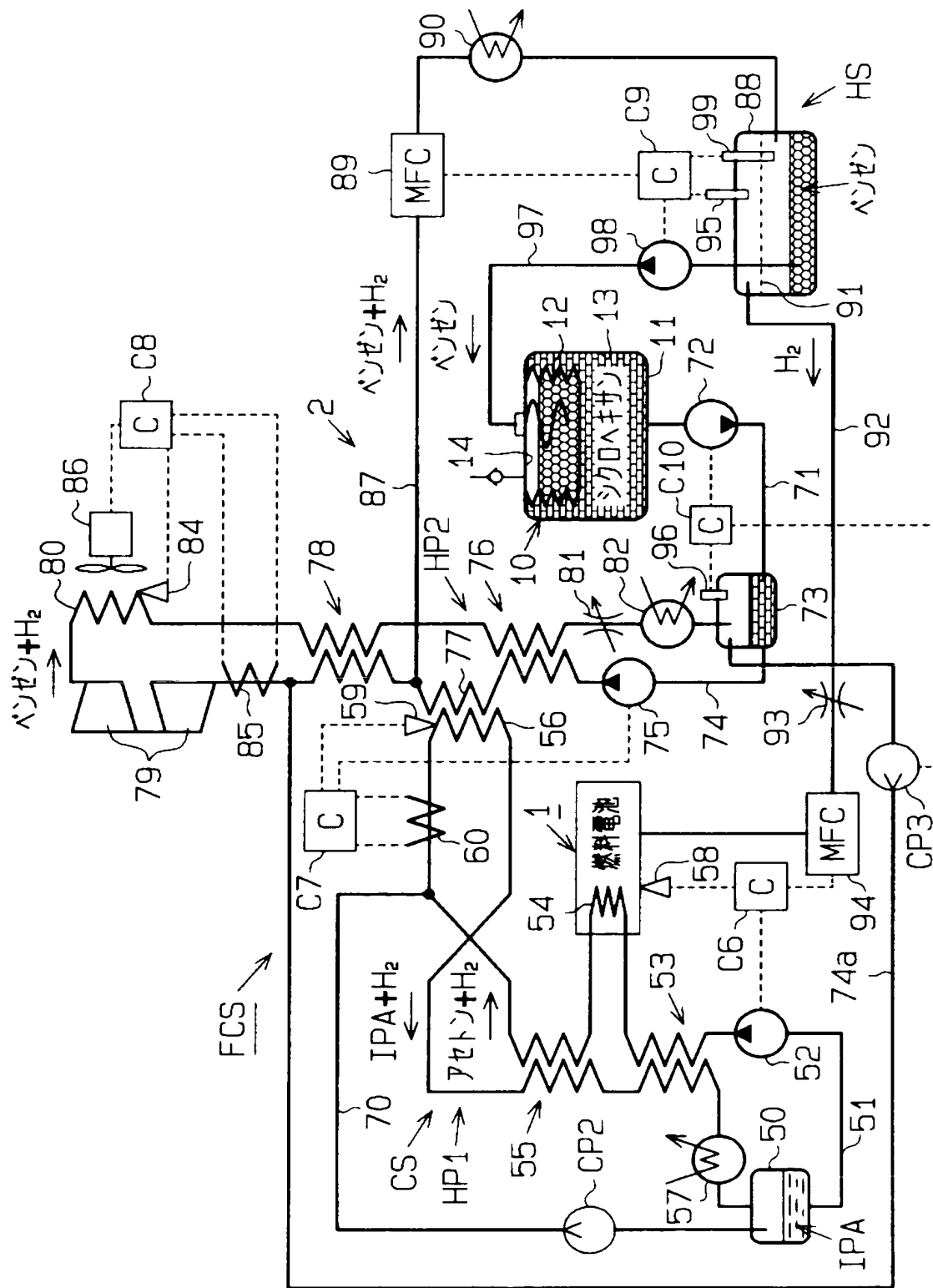
【図 2】



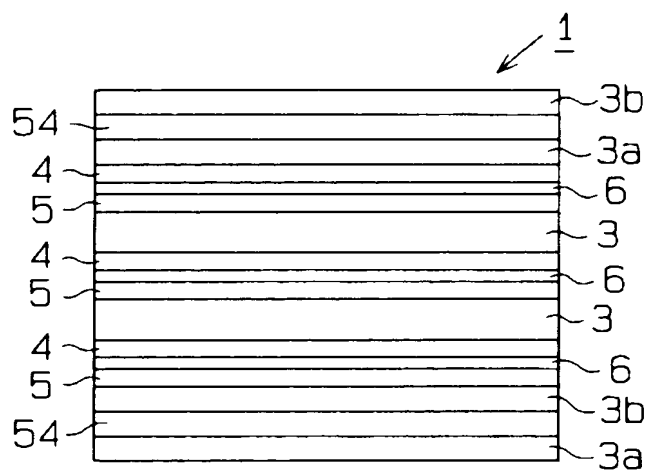
【図 3】



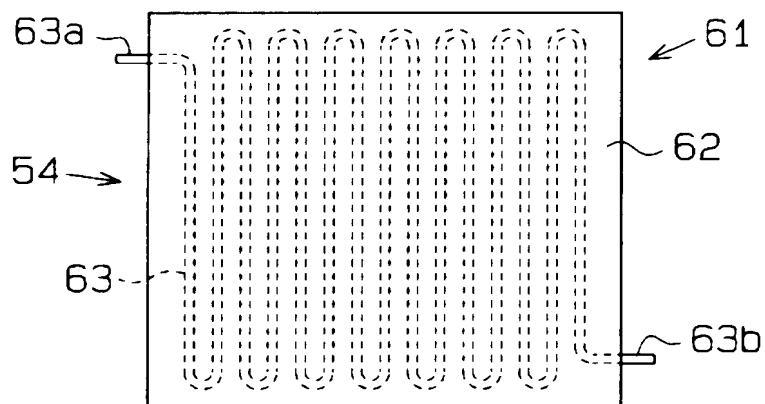
【例 4】



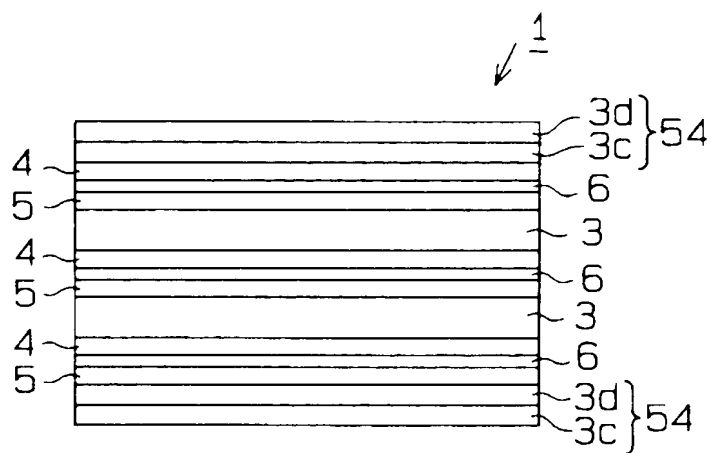
【図 5】



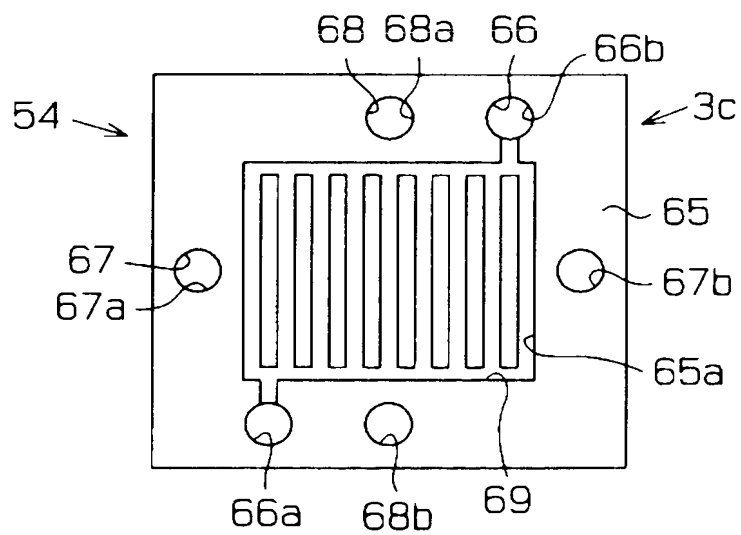
【図 6】



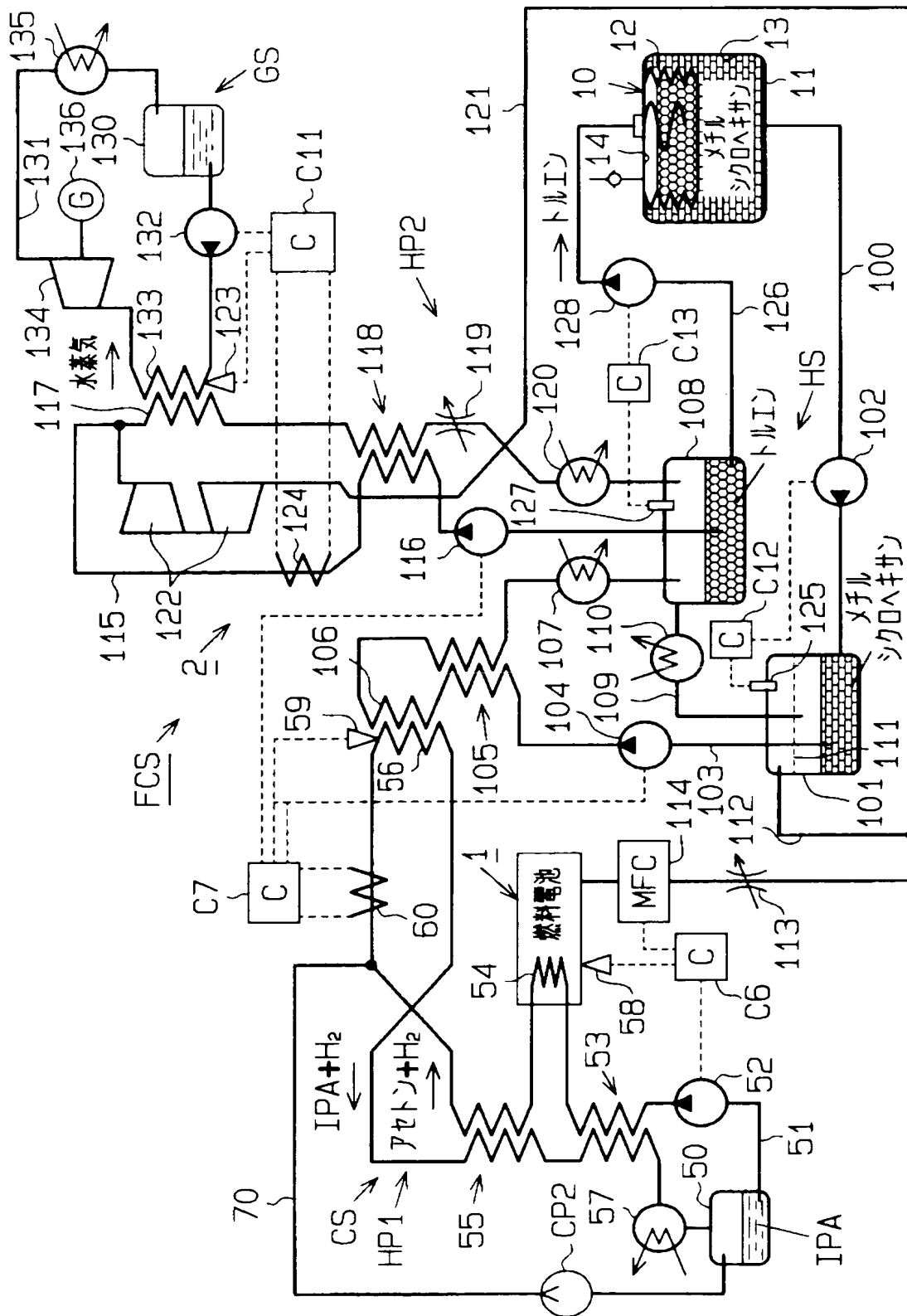
【図 7】



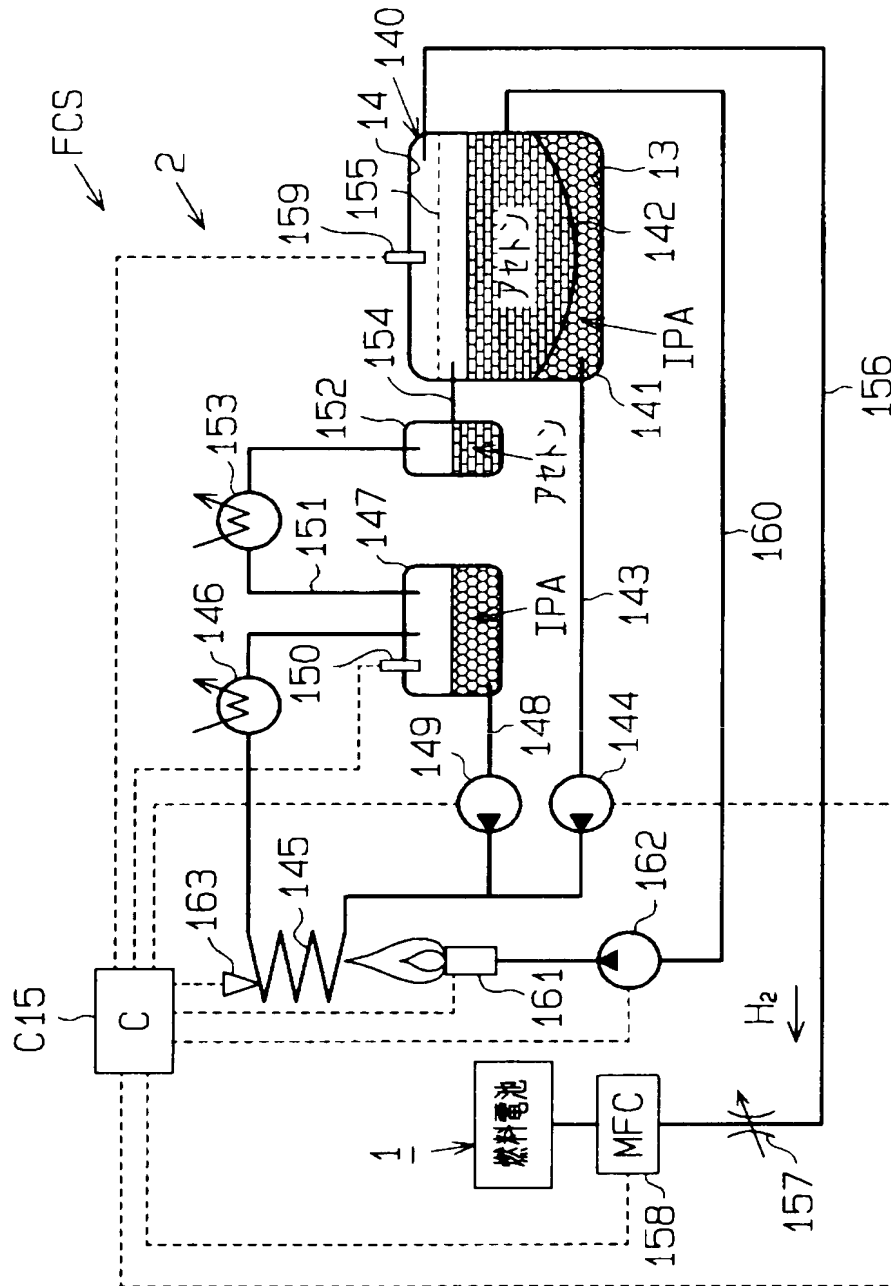
【図 8】



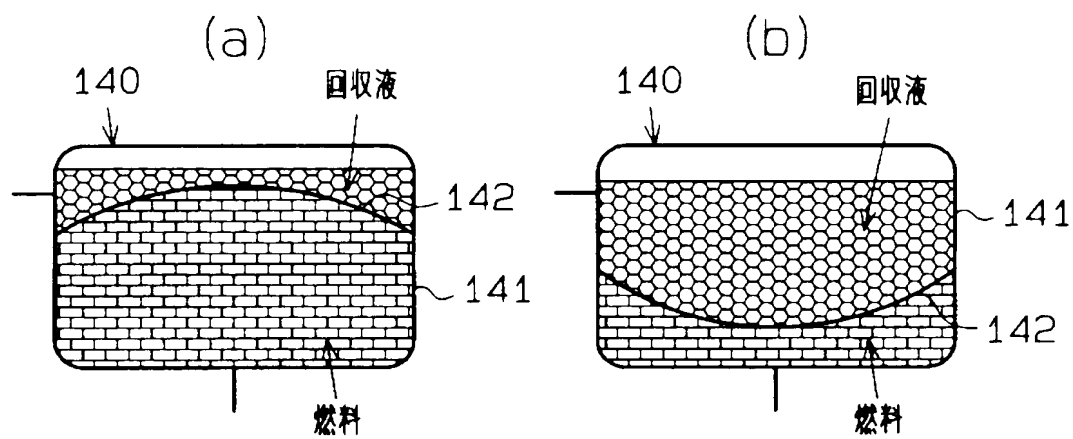
【図 9】



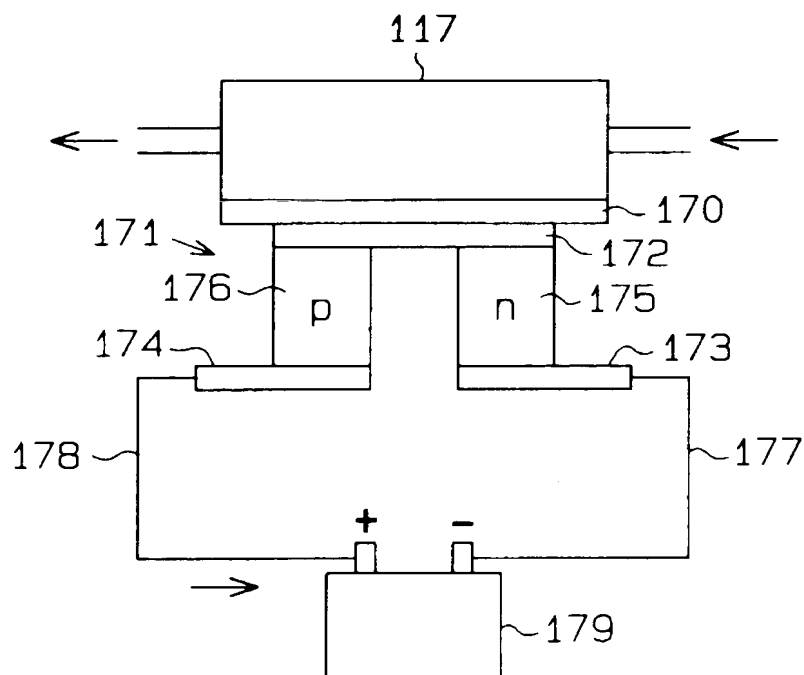
【図 1 0】



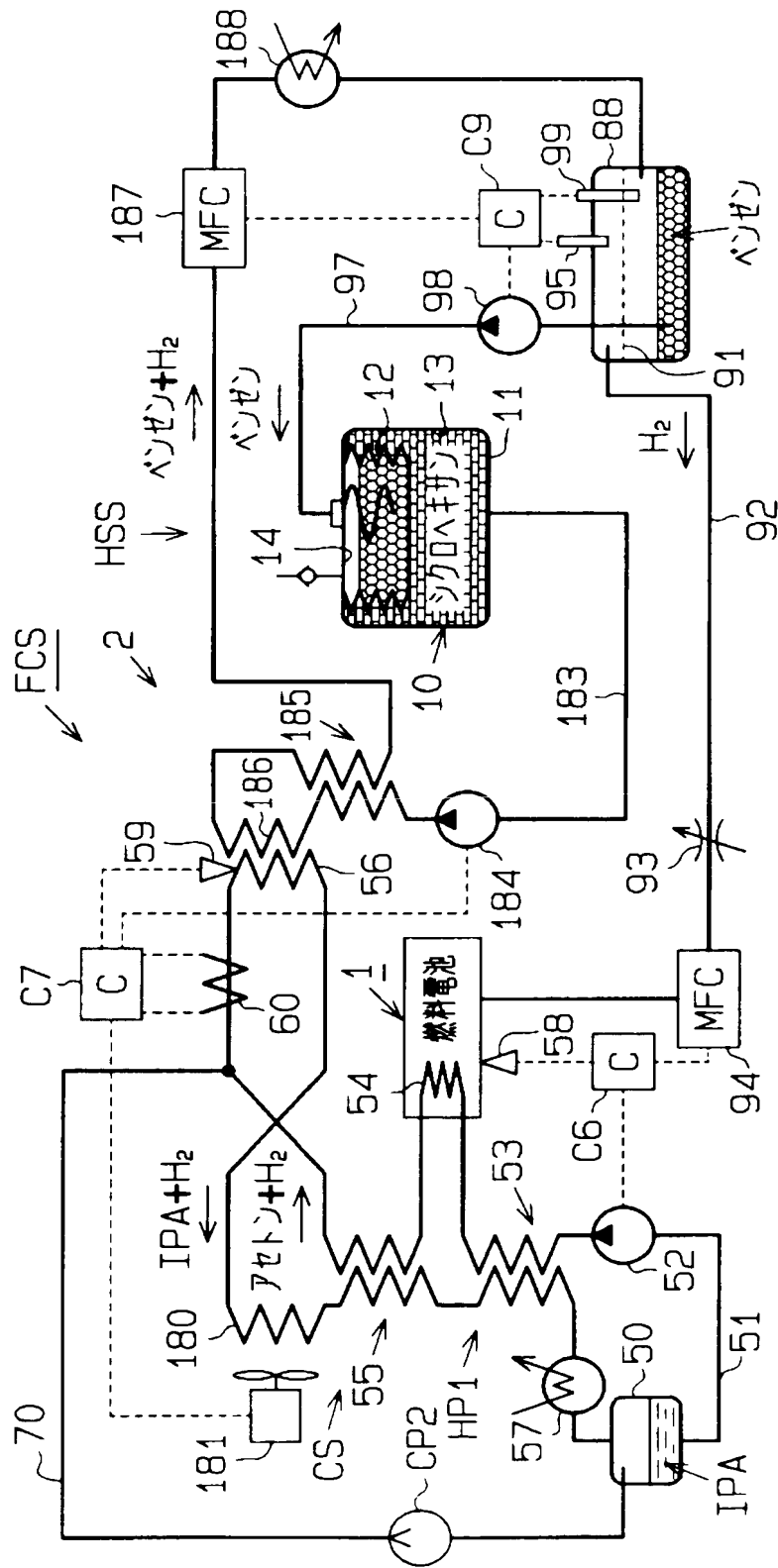
【図 1 1】



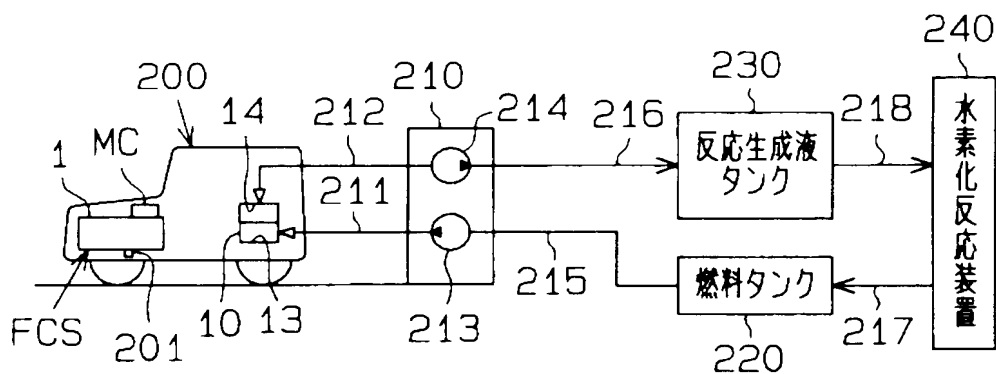
【図 1 2】



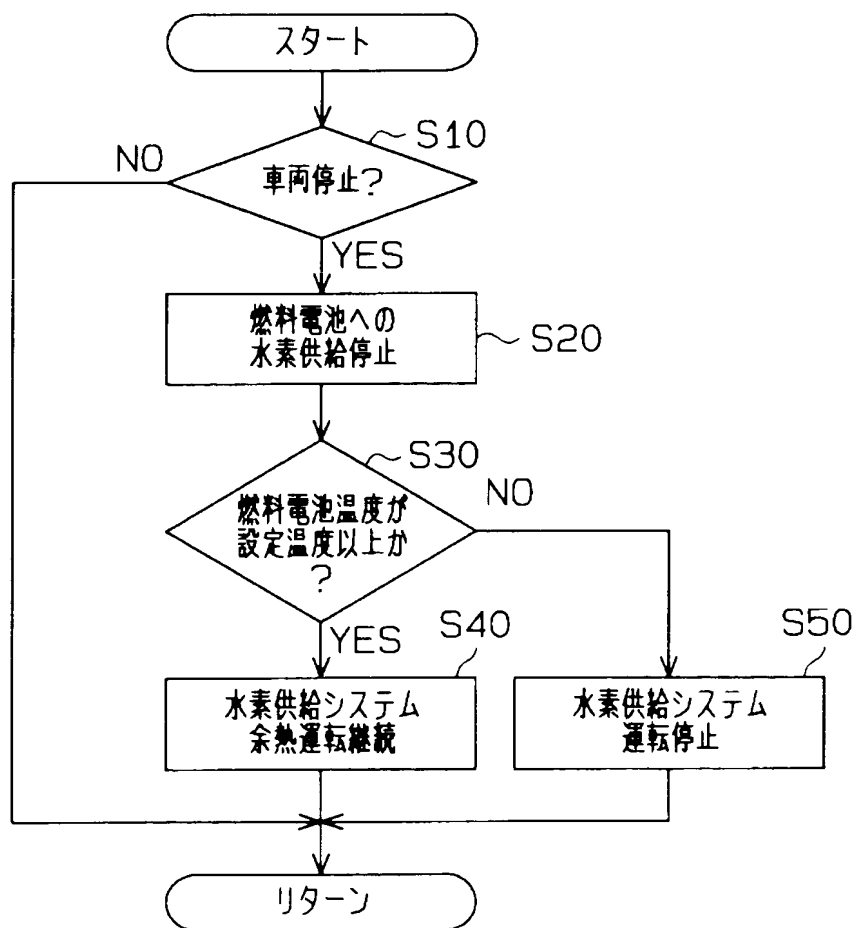
【[又] 1 3】



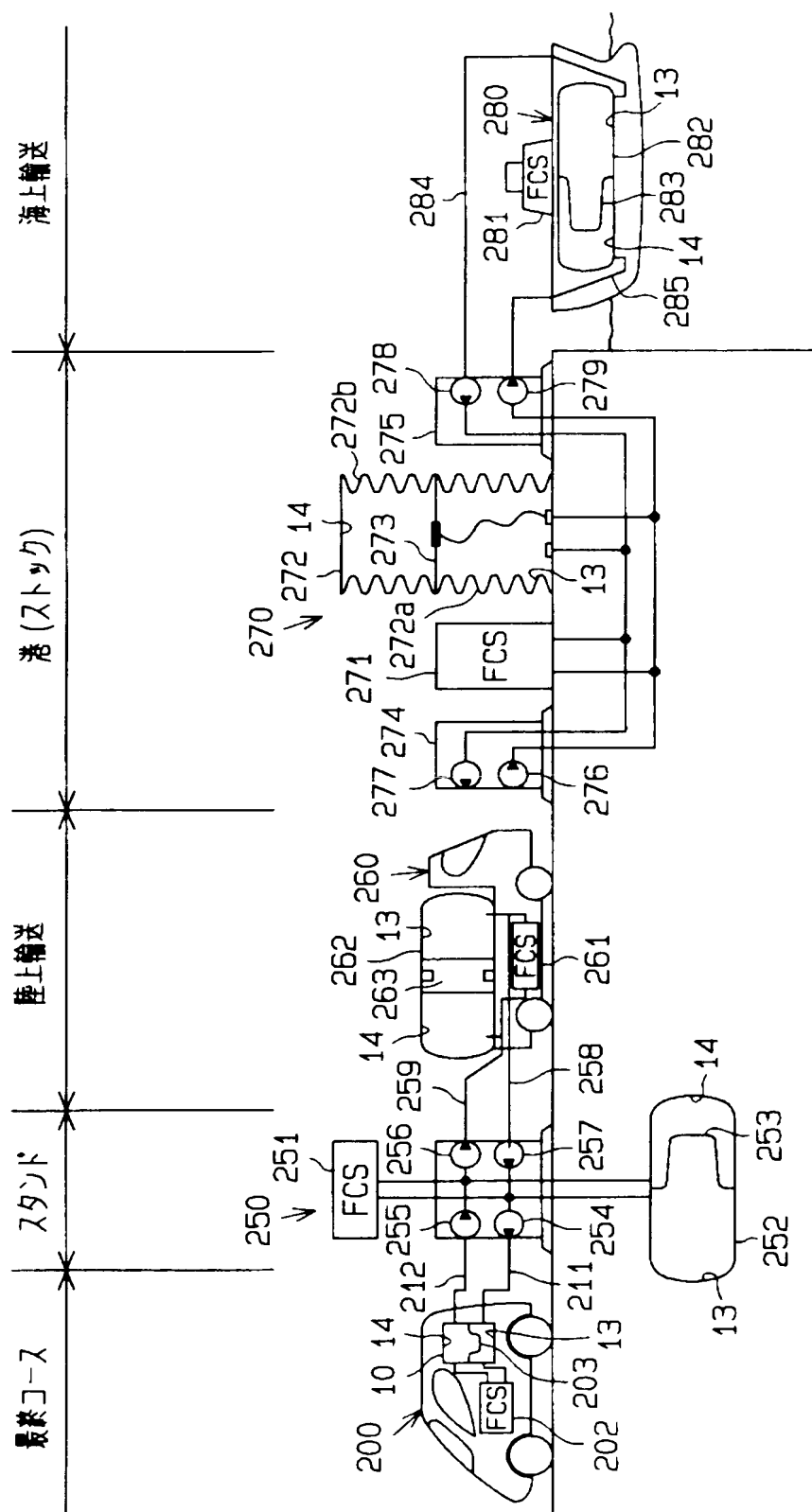
【図 1 4】



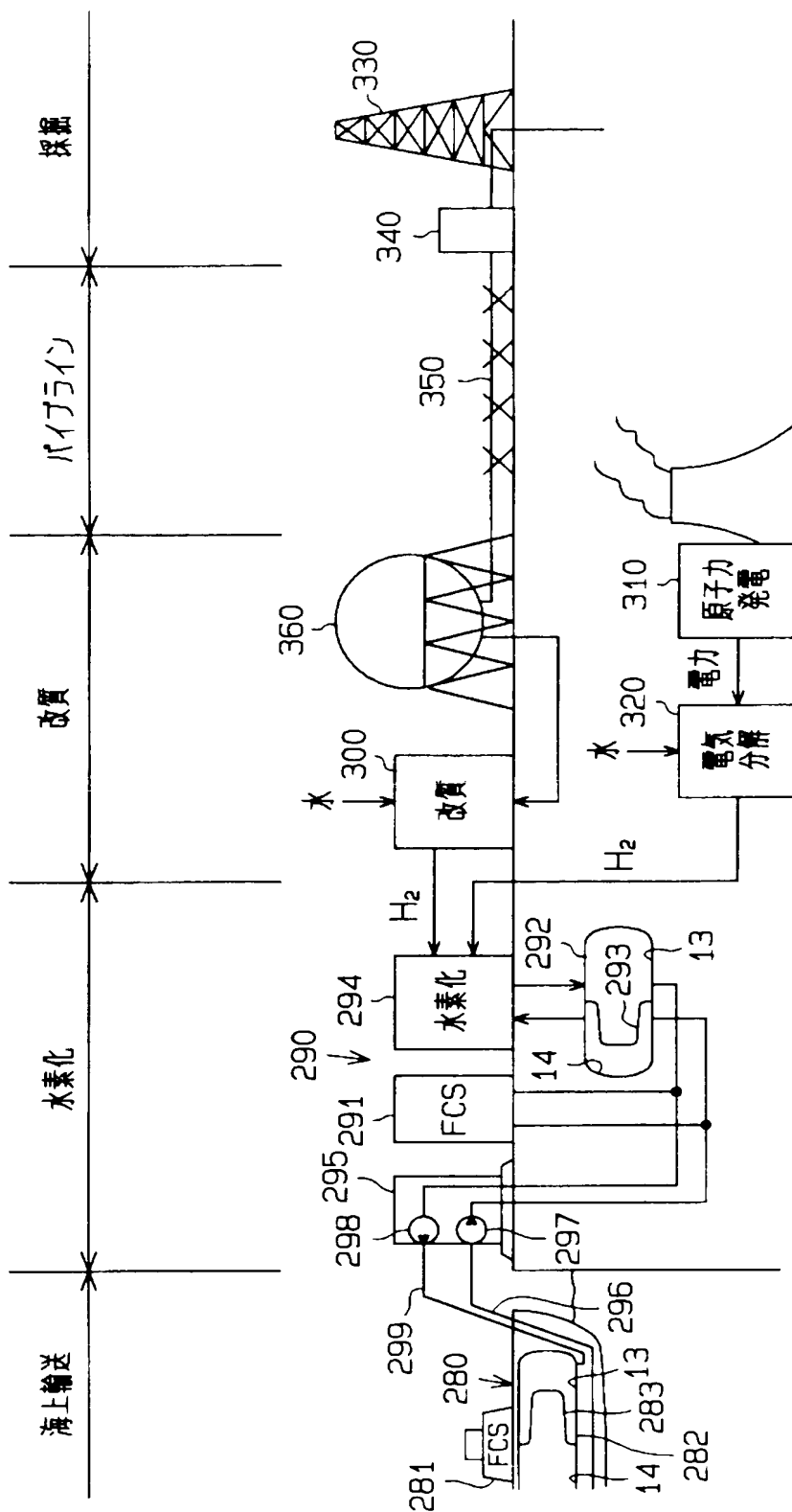
【図 1 5】



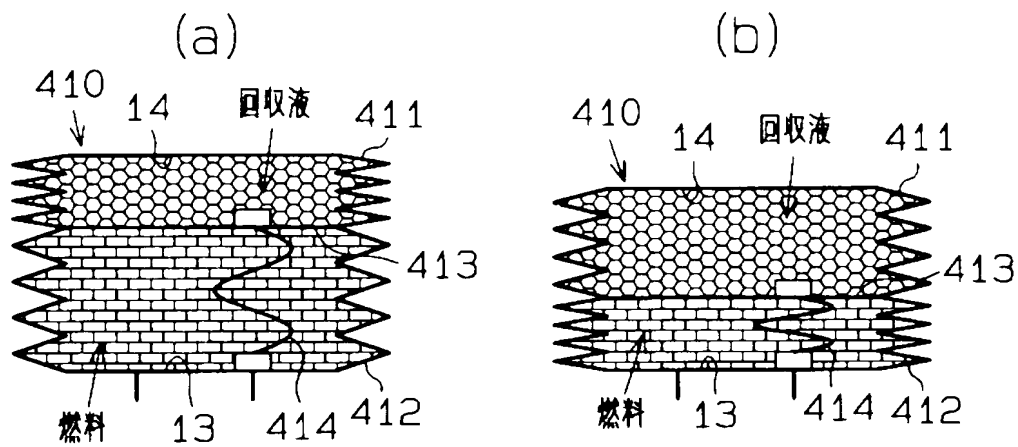
【例 16】



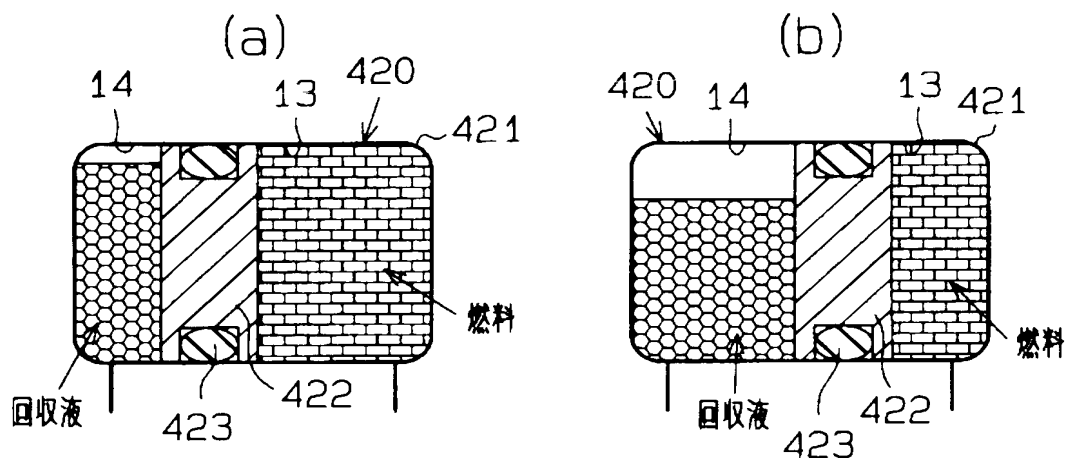
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも燃料電池に純水素を供給できて地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池システム F C S の水素供給システム 2 は、イソプロピルアルコール (I P A) を燃料とする。補助タンク 2 0 内の I P A は脱水素反応器 2 4 で脱水素反応により水素とアセトンに分離する。水素化反応器 2 6 ではアセトンの水素化反応により I P A 、アセトン及び水素の平衡混合物が生成され、凝縮器 2 7 を通って補助タンク 2 0 には I P A が液化分離される。さらに気相は凝縮器 3 2 を通って気液分離器 3 3 に送られ、気液分離器 3 3 ではアセトンと水素が気液分離される。水素は水素分離膜 3 4 を通って燃料電池 1 へ供給される。気液分離器 3 3 内のアセトン液はポンプ 4 0 により燃料タンク 1 0 の回収室 1 4 に回収され保管される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 2 1 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地
氏 名	株式会社豊田自動織機製作所